

汽车行业报告： 人形机器人关节执行器，国产替代正当时

薛玉虎(证券分析师)

S0350521110005

xueyh@ghzq.com.cn

王琿(联系人)

S0350121120086

wangl15@ghzq.com.cn

并购家 免费行业报告网

IPOIPO.CN 每日更新 不用注册会员 无广告 永久免费

重点公司代码	股票名称	2023/09/04	EPS			PE			投资评级
		股价	2022	2023E	2024E	2022	2023E	2024E	
601689.SH	拓普集团	76.20	1.54	2.22	3.04	37.97	34.32	25.07	买入
002050.SZ	三花智控	28.53	0.72	0.85	1.06	29.61	33.56	26.92	未评级
002472.SZ	双环传动	34.50	0.68	0.97	1.21	37.18	35.57	28.51	买入
300580.SZ	贝斯特	24.98	1.14	0.79	1.01	16.27	31.62	24.73	买入
301310.SZ	鑫宏业	56.95	1.99	2.46	3.68	-	23.15	15.48	买入
300124.SZ	汇川技术	68.98	1.64	2.07	2.62	42.77	33.32	26.33	增持
688017.SH	绿的谐波	118.41	0.92	1.85	2.47	105.06	64.01	47.94	增持
603728.SH	鸣志电器	70.20	0.59	0.63	0.98	56.63	111.43	71.63	未评级

资料来源：资讯，国海证券研究所（注：未评级公司盈利预测取自 一致预期）

◆ 特斯拉人形机器人Optimus有望落地商业化，点燃人形机器人市场投资热情：

- ✓ 人形机器人探索历史已超百年，但因技术不成熟、成本过高和应用场景有限等约束至今仍未大规模商业化应用。
- ✓ 特斯拉机器人有望突破技术、成本和应用场景等既有瓶颈，实现大规模商业化应用：
 - 复用特斯拉汽车FSD技术，共享汽车产业链供应商，实现研发协调和生产协同，提升研发速度，降低研发生产成本；
 - 特斯拉超级工厂、人形机器人自我制造、汽车与火箭测试以及火星计划等应用场景助推人形机器人走向量产应用。

◆ “机器代人”符合社会发展趋势，以人形机器人为代表的具身智能有望成为第四次科技革命的核心领域，带动社会经济增长：

- ✓ 人形机器人可破解劳动力不足难题，替代重复、危险的体力劳动，大幅解放生产力，根据Precedence Research，2032年全球市场将达286.6亿美元；
- ✓ 人形机器人开启新一轮国际竞争，我们预计特斯拉现阶段仅关节硬件成本就存在70%以上的降本空间，我国供应商性价比、响应速度、产业链等优势凸显，有望凭借成本优势切入特斯拉人形机器人供应链，迎来重要发展机遇。

◆ Tesla Bot采用电池组+电机驱动+刚性金属传动+串并联关节分布+视/力/位传感器的方案，核心构成可分为大脑和执行器：

- ✓ 负责感知和控制的大脑复用了特斯拉汽车上FSD的芯片和算法，是特斯拉相对于其他人形机器人公司的一大优势；
- ✓ 执行器分为旋转和线性两大类，分别占现阶段关节主要硬件成本的32.35%和62.82%，每一类有大小三个规格：
 - **旋转执行器：**无框力矩电机+谐波减速器+机械离合+力矩传感器+高低速双编码器+驱动器，用于肩肘腰髋等关节；
 - **线性执行器：**无框力矩电机+行星滚柱丝杠+力传感器+编码器+驱动器，用于腕肘膝踝等关节。
- ✓ 关节执行器通过伺服驱动器、伺服电机、编码器等零部件组成的伺服系统实现为位置和动作的精准控制：
 - 无框力矩电机是以输出扭矩为衡量指标的无框架式永磁电机，优点：体积小、性能强、可集成外壳用于严苛环境；
 - 编码器是测量机械旋转或位移的传感器，一体化机器人关节采用增量编码器+单圈绝对值编码器的双编码器方案。
- ✓ 减速器是连接动力源和执行机构的中间机构，用于匹配转速和传递转矩，精密减速领域主要包括谐波减速器、RV减速器等，Tesla bot主要使用谐波减速器，约占现阶段关节硬件成本的6.65%；
- ✓ 行星滚柱丝杠具有高承载、长寿命、抗冲击、高可靠性等特点，但结构复杂、加工难度大、成本较高。反转式行星滚柱丝杠可通过较小的导程实现更高的额定负载，尺寸更紧凑，密封性能更好，约占现阶段关节硬件成本的44.32%。

- ◆ **投资建议：**我国零部件供应商有望凭借价格低、质量高、产业链全等优势，插入以特斯拉Optimus为代表的人形机器人零部件供应链，国产替代进程加速进行。我们看好技术领先并在海外市场快速布局的零部件供应商，重点关注拓普集团、三花智控、双环传动、贝斯特、鑫宏业、汇川技术（机械组覆盖）、绿的谐波（机械组覆盖）、鸣志电器（电新组覆盖）。
- ◆ **风险提示：**关键技术创新不及预期风险；特斯拉机器人降本进度不及预期；特斯拉机器人量产能力不及预期；供应链国产替代不及预期风险；市场竞争加剧风险；宏观经济下行风险；人形机器人渗透率不及预期风险；地缘政治不确定性对供应链产生影响风险；外汇市场汇率波动风险；税收优惠政策变化的风险；国内外公司、国内国际市场对比研究具有局限性带来的风险。

1. 人形机器人：AI赋能，大规模应用临近
2. 人形机器人代替人类：科技进步与社会发展大势所趋
3. 关节执行器国产替代大有可为
4. 重点标的梳理汇总
5. 投资建议与风险提示

01 人形机器人：AI赋能，大规模应用临近

- ◆ 1.1 特斯拉有望突破研发、生产和应用三大瓶颈
- ◆ 1.2 人形机器人初见大规模商业化曙光
- ◆ 1.3 人工智能技术加速人形机器人落地应用

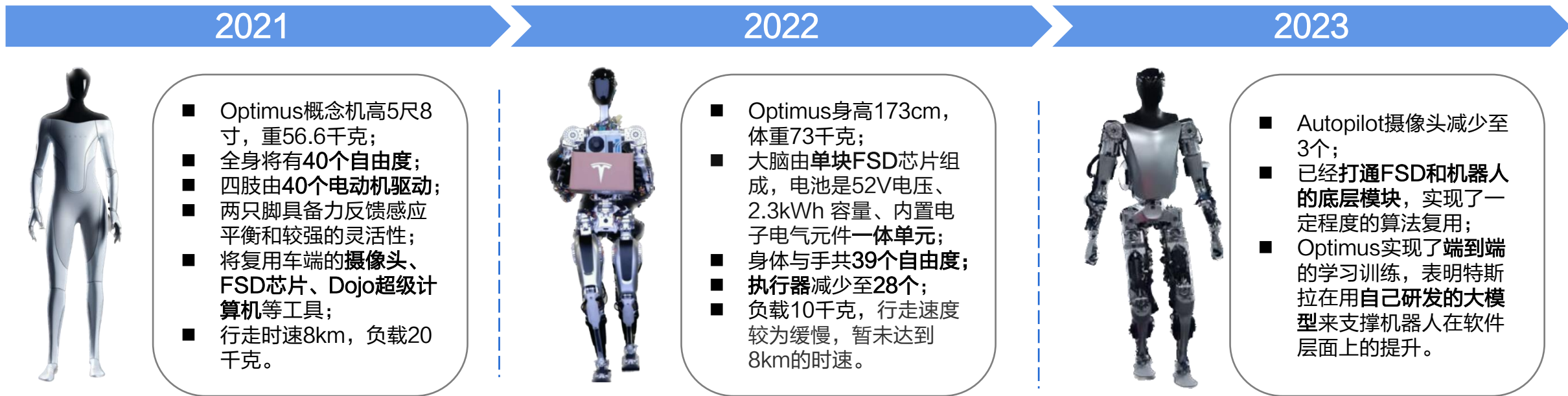
1.1、特斯拉机器人快速迭代，售价或限制在2万美元以内

■ 特斯拉人形机器人Optimus（擎天柱）两年内从概念到样机落地，快速开发迭代：

- ✓ 2021年 AI Day，马斯克首次公布人形机器人的研发计划，并展示出真人扮演的 Optimus 概念机；
- ✓ 2022年 AI Day，特斯拉正式展出 Optimus 样机，展示了其直立行走、搬运、洒水等基本的行为能力；
- ✓ 2023年3月特斯拉投资者日，Optimus 展现出平稳走动、拧螺丝的能力；5月16日特斯拉股东大会，Optimus走路更加灵活自然、能够完成更加复杂的任务、更精确控制力度、并具备了环境探索与记忆等功能。

■ 2022年特斯拉AI Day，马斯克预计到2025-2027年Optimus售价将控制在2万美元以内，成本大幅下降，市场空间远期或超汽车业务。

图：2021-2023年，Optimus演变过程

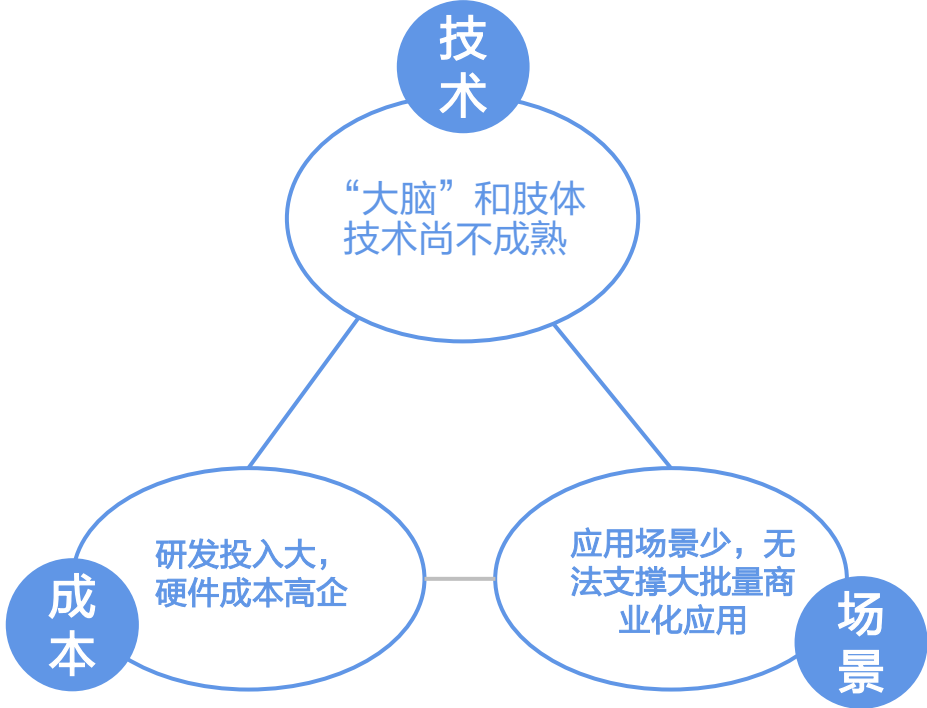


1.1.1、人形机器人当前面临技术、成本和应用场景三大瓶颈

■ 人形机器人经历长期发展仍未实现大规模商业化，主要有技术难、成本高以及应用场景有限三大瓶颈：

图：人形机器人三大技术模块

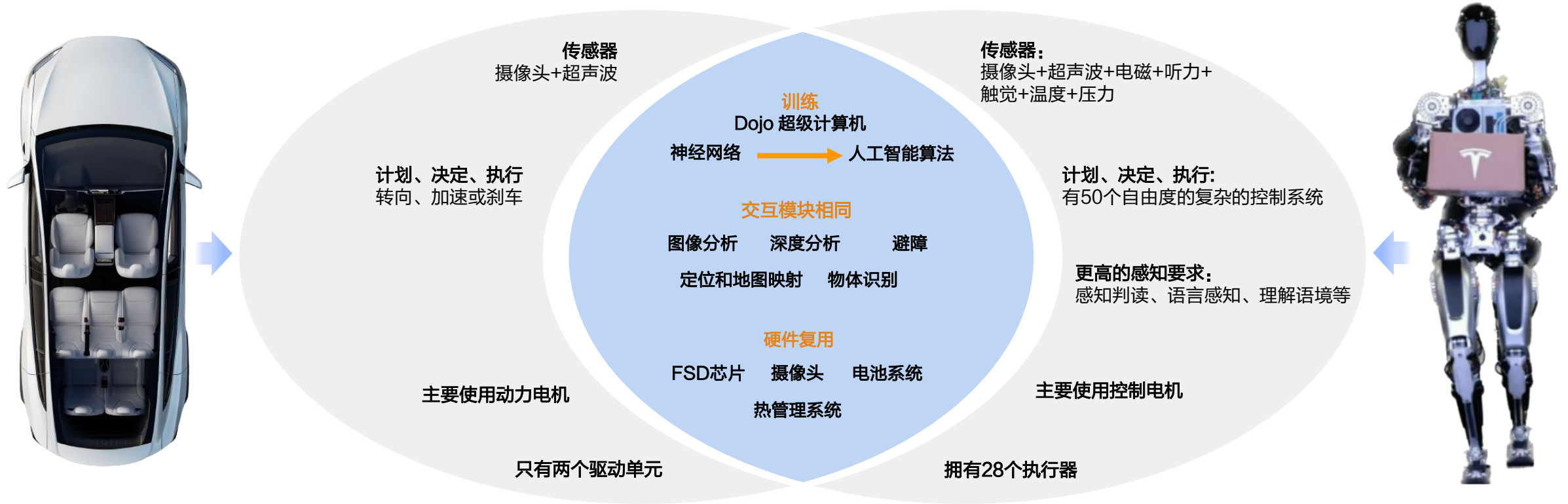
- ✓ “大脑”和肢体技术尚不成熟：人形机器人需在人类生活的非结构性环境中实现自如运动，并通过自主学习、判断完成复杂任务，对“大脑”的感知、交互、运控要求极高。肢体关节方面则要求体积小重量轻但输出功率大等方面的机械性能限制，现有成熟方案难以实现。
- ✓ 研发投入大、生产成本低：以优必选为例，2020、2021及2022年Q1-Q3，分别产生研发开支4.3、5.2及3.2亿元，营收占比分别达57.9%、63.3%及61.4%，公司于此期间内累计亏损24亿元。
- ✓ 应用场景不明朗：现阶段人形机器人可实现功能有限，除表演展示外难以广泛应用。本田ASIMO发展十八年终因实用性不强且成本过高于2018年退役；优必选人形机器人虽已商用但主要依赖教育领域营收。



1.1.2、特斯拉突破行业瓶颈的特有优势：产业链协同

- 特斯拉人形机器人可以复用电动汽车技术与产业链，加速商业化落地。Optimus采用汽车同款FSD芯片及算法，使用Dojo超级计算机进行训练，在热管理系统、传感器、电池系统等诸多方面与汽车产品有共同之处，产业链更易实现规模化效益。人形机器人与外界有更多交互，比汽车自动驾驶技术更为复杂，特斯拉可在车端AI技术的基础上进一步深化升级。

图：特斯拉电动汽车与人形机器人技术交集

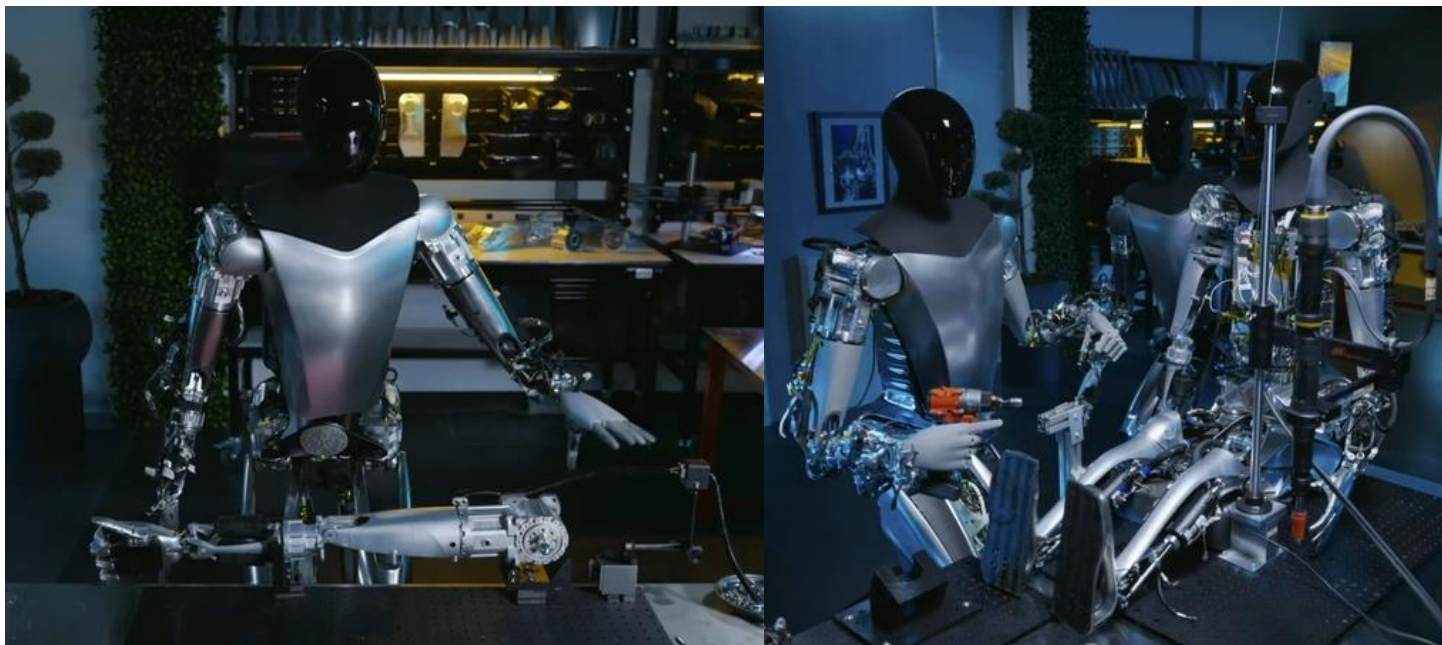


资料来源：特色产业揭榜推进活动公众号，高工机器人公众号，国海证券研究所

1.1.2、特斯拉有望突破行业瓶颈的特有优势：产品协同

- 人形机器人在特斯拉体系内有大量应用场景，可支撑其早期商业化落地规模应用。Optimus具有24小时高效、精准工作的优势，可在特斯拉超级工厂中大量替代人类岗位，代替工人做一些危险、无聊、重复的工作，提高安全性和生产效率。在Optimus成本下降至预期目标后，将其应用于汽车生产中可以有效降低人力成本、提高利润，还可以在SpaceX火箭发射测试发挥重要作用。此类内部需求将支撑Optimus在商业落地的早期得到大量应用。

图：Optimus “自己造自己”



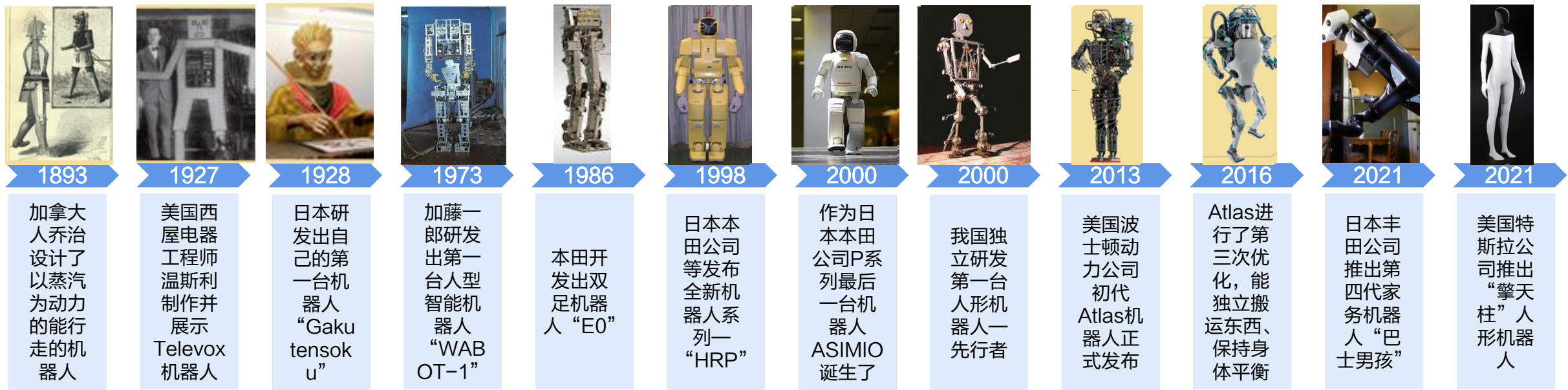
图：Optimus在工厂中应用



1.2、特斯拉为人形机器人带来大规模商业化曙光

- 人类对人形机器人的探索已超百年，但仍无法大规模商业化应用。早在1893年乔治·摩尔就设计能行走的蒸汽动力机器人。1973年日本早稻田大学加藤一郎带领团队创造出世界上第一台人形智能机器人—WABOT-1。该机器人集成了肢体控制系统、视觉系统和对话系统，胸部配备了摄像头，手部带有触觉传感器。2000年发布的本田ASIMO（2000年发布）和2014年发布的美国波士顿动力公司发布初代Atlas机器人都获得广泛关注。
- 特斯拉有望凭借低成本优势成为首款规模化应用的人形机器人。近年来美日等国不断推进民用人形机器人研究，重视使用AI等新技术提高人形机器人的智能化和自主化水平，已推出多款服务型人形机器人，适用于医疗、教育、物流、仓储、工业等领域，但均成本高昂，无法大规模商业化应用。

图：人形机器人历史演进



1.2、电气驱动最适合人形机器人应用场景

■ 驱动技术是各类人形机器人之间的重要区别之一。电气驱动方式具有控制精度高、结构节性能好、噪音低、效率高等优点，更适合通用型人形机器人。

表：国内外人形机器人领域的关键技术成果

关节设计
多自由度关节设计。 从单自由度串/并联结构发展到多自由度混联结构，并正致力于研究更多自由度的仿生结构
动力驱动
人形机器人目前主要是 电池+电机+减速器 驱动，动力驱动装置向着低成本、高性能方向发展
感知
多传感器信息融合设计 ，集成了光电/红外、雷达、声音、位置和力传感器，以实现类人视觉、听觉和触觉功能。同时，还进行了 电子皮肤 的研究，提高了人形机器人的敏感感知和精细操作能力。
控制
利用 AI 提高人形机器人的 智能自主控制水平

表：人形机器人驱动方式

驱动方式	液压驱动	气压驱动	电气驱动
输出功率	很大，压力范围为0.5~1.4MPa	大，压力范围为0.48~0.6MPa，最大可达1MPa	较大
控制性能	控制精度较高 输出功率大 可无级调速 反应灵敏 可实现连续轨迹控制	精度低 阻尼效果差 低速不易控制 难以实现高速、高精度的连续轨迹控制	控制精度高、功率较大 能精确定位、反应灵敏 可实现高速、高精度连续轨迹控制 伺服特性好，控制系统复杂
响应速度	很高	较高	很高
结构性能及体积	功率与质量比大，体积小，结构紧凑，密封问题较大	功率与质量比大，体积小，结构紧凑，密封问题较小，工作有噪音	结构性能好，噪声低 结构紧凑，无密封问题
常见应用范围	适用于重载、低速驱动，电液伺服系统适用于喷涂机器人、点焊机器人和托运机器人	适用于中小型负载驱动、精度要求较低，有限点位程序控制的机器人	适用于中小负载、要求具有较高的位置控制精度和轨迹控制精度、速度较高的机器人
效率与成本	效率中等（0.3~0.6），液压元件成本较高	效率低（0.15~0.2），气源方便，结构简单，成本低	效率较高（0.5左右），成本高
维修及使用	方便，但油液对环境温度有一定要求	方便	较复杂

1.2.1、波士顿动力：领先的技术先锋

■ 波士顿动力致力于研发敏捷灵巧且更接近人类的智能机器人。1992年，Marc Raibert在美国创立波士顿动力；2005年，在美国军方资助下，波士顿动力开发了一系列机器人原型。波士顿动力旗下产品线包括Spot四足机器人、Atlas双足机器人、用于仓库搬货的Handle两轮机器人，以及4轮机器人SandFlea等。

图：波士顿动力的机器人举例

型号	图片	特点	尺寸	重量	速度	传感器	驱动	自由度	计算机	软件	动力	有效载荷
BIGDOG (2004)		能够在复杂地形上行走的四足机器人	宽:30 cm 高:125cm 长:100cm	113.4kg	11.26 km/h	腿部：位置和力传感器 机身：陀螺仪、激光雷达和立体视觉系统 液压系统：压力和温度传感器	16个定制液压执行器	20	带有Pentium 4级CPU的PC/104主板	带有自定义c++代码的QNX实时操作系统，用于控制、传感、数据收集和通信。	15马力内燃机驱动的液压泵	150kg
RHEX (2007)		仿生的六足机器人，专为崎岖地形运动而设计。坚固耐用、防尘防水、模块化设计	宽:39cm 高:20cm 长:57cm	12.5 kg	9.72 km/h	相机、陀螺仪、加速度计和其他传感器。 电机：位置、电流和温度传感器	6台直流马达	6	基于intel的主机;有效载荷计算机(可选)。	Linux操作系统。控制软件可以用C、Python或Matlab编程。	两块144 wh 锂聚合物电池，可使用6小时	-
LS3 (2010)		四足机器人，旨在帮助士兵在崎岖的地形上携带沉重的装备	宽:90cm 高:190cm 长:200cm	362.9 kg	-	腿部：位置/力传感器。 机身：陀螺仪和立体视觉系统 液压系统：压力和温度传感器	液压	12	定制PC	-	内燃机	181kg
HANDLE (2017)		轮式机器人，专为物料搬运应用而设计，并具有能搬重物的机械臂。	高:200cm	150 kg	-	深度照相机	电动马达	10	-	自定义操作系统和控制	车载电池	有效载荷：15kg。最大到达距离：2.8米。

1.2.1、波士顿动力：机器人领域的商业化探索与前沿创新

- 波士顿动力已商业化两款机器人—Spot和Stretch。波士顿动力的控制权在2013年、2017年和2020年历经多次转移，先后被Google、软银和现代汽车收购。归属现代汽车后，波士顿动力的商业化进程正式起步。2020年中，波士顿动力首款商用机器狗Spot正式面向公众开售，零售价7.5万美元。2021年，波士顿动力发布新型移动机器人Stretch，旨在推动物流、仓储自动化。
- Atlas机器人采用液压驱动，敏捷灵活、机动性强，但仍未商业化落地。Atlas的感知算法可将传感器中的数据转换为对决策的制定和形体动作的规划，使其能够凭借灵敏感知判断自己在环境中的位置，并完成通过独木桥、高难度跑酷等行为。但Atlas在科研和机械零部件等方面的成本居高不下，至今未商业化落地，其前沿开发技术有望反哺公司其他系列机器人落地应用。

图：波士顿动力：机器狗spot（左）、Stretch（中）、Atlas（右）



1.2.2、软银NAO:已商业化落地的小型教育人形机器人

- 软银机器人（SoftBank Robotics）推出的NAO是为数不多的已商业化落地的人形机器人项目。NAO是一个应用于全球教育市场的双足人形机器人，它提供了一个独立、可编程、功能强大且易用的操作应用环境。58cm高的NAO拥有流畅的肢体语言，具备听、看、说能力，能够实现与人或者其他NAO之间的互动。
- NAO主要应用于教育领域，覆盖编程教学、科研研究、特殊教育、竞技比赛、表演活动等场景。NAO作为编程教育平台可支持C++、Python、Java等编程语言；可应用于儿童自闭症特殊教育；可用作机器人竞赛标准平台；可实现唱歌、跳舞、会话等表演活动。

图：软银NAO



尺寸：宽31.1cm、高58cm、长27.5cm

重量：5.5kg

速度：0.3km/h

传感器：

两个500万像素的OmniVision摄像头，带有三轴加速度计和两个陀螺仪的惯性单元，声呐，四个全向麦克风，两个红外传感器，九个触觉传感器和八个压力传感器。

驱动：

25个Portescap有刷直流空心杯电机

自由度：

25（头：2 DoF；手臂：5 DoFx2；骨盆：1 DoF；腿：5 DoFx2；手：1 DoFx2）

材料：

聚碳酸酯-ABS塑料、聚酰胺和碳纤维增强热塑性塑料

颜色：深灰色

计算：

英特尔Atom1.91GHz四核CPU、4GB内存、32GB固态硬盘、蓝牙、Wi-Fi和以太网。

软件：

Linux操作系统和choreograph套装软件，用于编程和可视化

动力：

27.6Wh锂离子电池，可运行90分钟

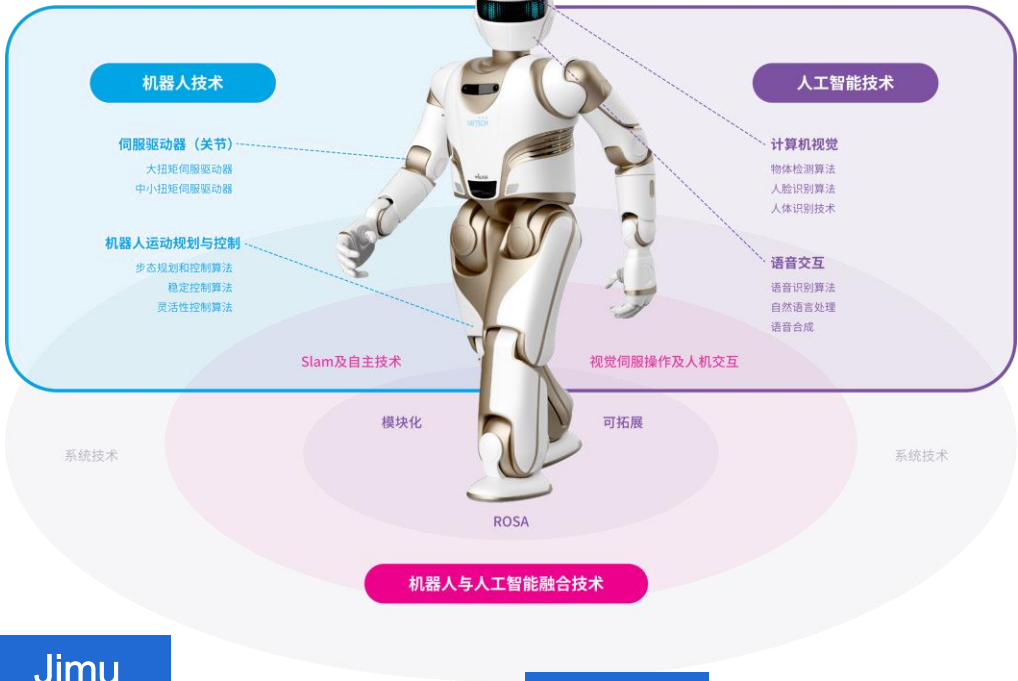
成本：

€ 7, 000

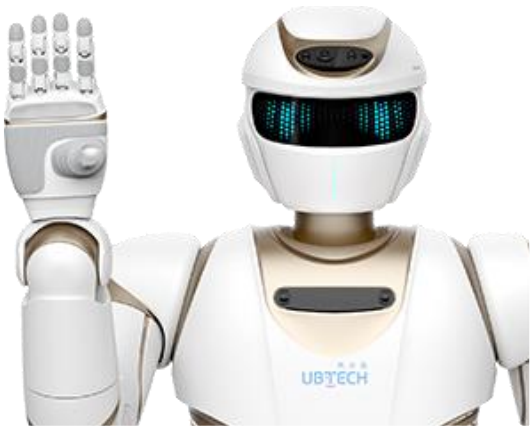
1.2.3、优必选：国内领先的服务型人形机器人企业

- 优必选是中国人形机器人及智能服务机器人解决方案的头部企业。公司成立于2012年，在人形机器人技术方面布局有高性能伺服驱动器、机械传动、运动规划与控制、计算机视觉与感知、智能语音交互、SLAM与导航、人机交互和手眼协调等核心技术，并推出了机器人操作系统应用框架ROSA。
- 优必选现有机器人产品可分为企业级（教育机器人、物流机器人等）和消费级两类，其中教育机器人是其业务重点。

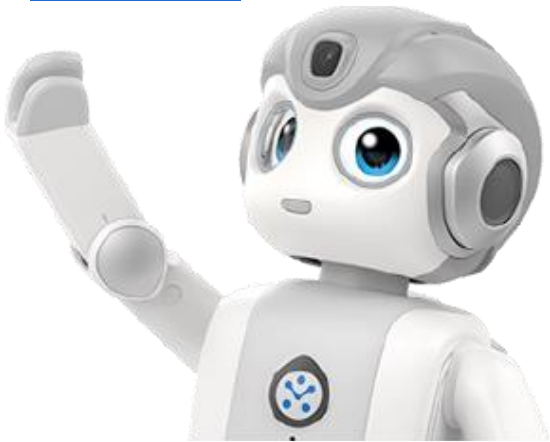
图：优必选的核心技术



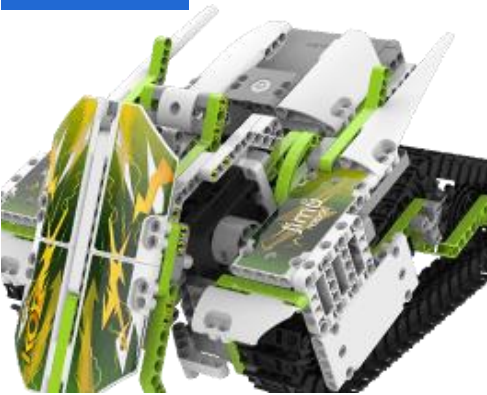
Walker X



悟空



Jimu



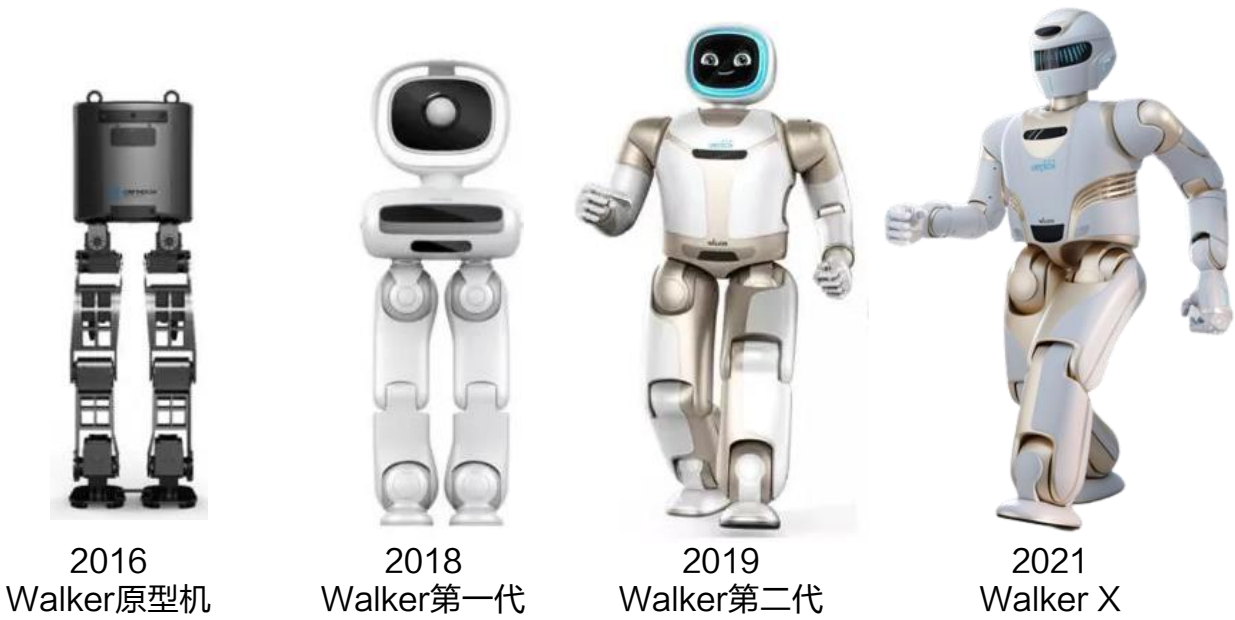
Cruze



1.2.3、优必选：双足行走机器人领域国内领先

- 优必选最新一代人形服务机器人Walker X已具备了比上一代Walker更优的环境感知、运动性能和情感交互：
 - ✓ 搭载41个高性能伺服关节构成的灵巧四肢，能实现平稳快速的行走和精准安全的交互；
 - ✓ 具备多维力觉、多目立体视觉、全向听觉和惯性、测距等全方位的感知系统；
 - ✓ 升级视觉定位导航和手眼协调操作技术，自主运动及决策能力大幅提高；
 - ✓ 内置的原生28+机器人情绪体系，可以进行主动式交互，与用户建立共情；
 - ✓ 采用模块化设计，头部、手掌、电池都可以快速拆卸和组装，降低使用和维护成本。

图：优必选的人形机器人历次迭代



Walker X展示出仿人服务机器人在家庭场景应用的潜力。Walker X现已具备上下楼梯、操控家电、按摩、端茶倒水等功能，满足人类情感、教育、陪伴等需求。

- 复杂地形自适应
平稳快速行走
- 动态足腿控制
自平衡抗干扰
- 手眼协调操作
精准灵活服务
- 柔顺物理交互
人机互动安全
- U-SLAM视觉导航
自主路径规划
- 环境和人体感知
理解数字世界
- 多模态情感交互
仿人共情表达
- AIoT物联网中枢
智能家居控制

- 小米于2022年8月公布首款全尺寸人形机器人CyberOne（铁大）。铁大身高177cm，体重52kg，臂展168cm。
 - ✓ 感知：配备Mi Sense视觉空间系统，可三维重建真实世界，完成避障和行动；
 - ✓ 运动：搭载小米自研全身控制算法，支持21个自由度动作，并能实现各自由度0.5毫秒级别的实时响。电机性能强，四肢灵活，髋关节主要电机的动力扭矩峰值可达300Nm，峰值扭矩密度96Nm/kg。
 - ✓ 交互：能分辨85种环境语义，感知45种人类语义情绪，实现人物身份、手势和表情的识别；
- CyberOne仅为“验证机”，小米现在处于人形机器人的起步阶段。人形机器人技术集成度较高、开发难度大，目前小米人形机器人的成本每台大概六七十万元，尚无法实现量产。小米看好智能机器人在生活、工作中的应用，将持续在该领域进行突破。

图：CyberOne技术细节



1.3、AI技术赋能开启人形机器人新纪元

- 人工智能技术的进步改善了人形机器人在感知与分析、运动规划与控制、人机交互、精准导航等方面的能力，将机器人从被动互动转变为主动与人互动。
 - ✓ 语音交互和计算机视觉技术使人形机器人能够识别及确认人类和周围的物体，并与人类进行对话；
 - ✓ 机器学习能帮助机器人完成推理预测任务、增强运动的自主性；
 - ✓ AI处理器芯片可以支持深度人形机器人神经网络的学习和加速计算；
 - ✓ 深度学习、强化学习、智能语音、知识图谱等多种AI融合技术助力机器人精准导航与执行控制。

图：AI为机器人赋能

感知和感知能力

通过计算机视觉、语音识别等AI技术，机器人能够感知周围的物体、声音和环境，并做出相应反应。

自主决策和学习能力

机器人可以利用机器学习、深度学习和强化学习等AI技术，从经验中学习和改进自己的行为，逐步提高执行任务的能力。

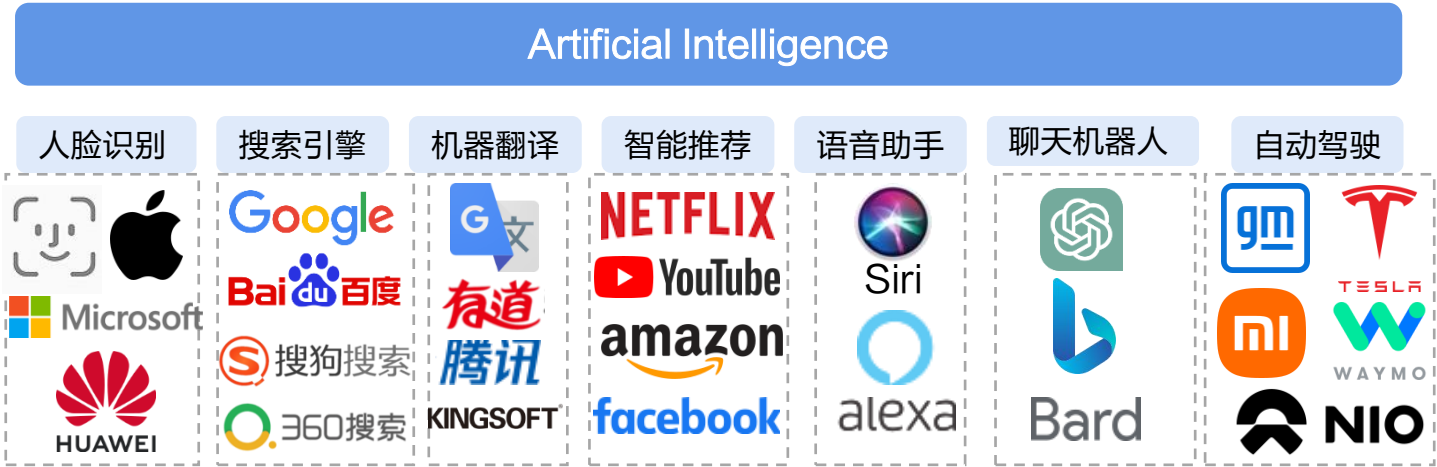
人机交互和自然语言处理

机器人可以理解并解释人类的语言指令，回答问题和提供服务。这种人机交互使机器人在许多领域发挥重要作用。

自动化和智能化生产

AI技术在制造业和工业领域中的应用，使得机器人能够自动执行复杂的生产任务。

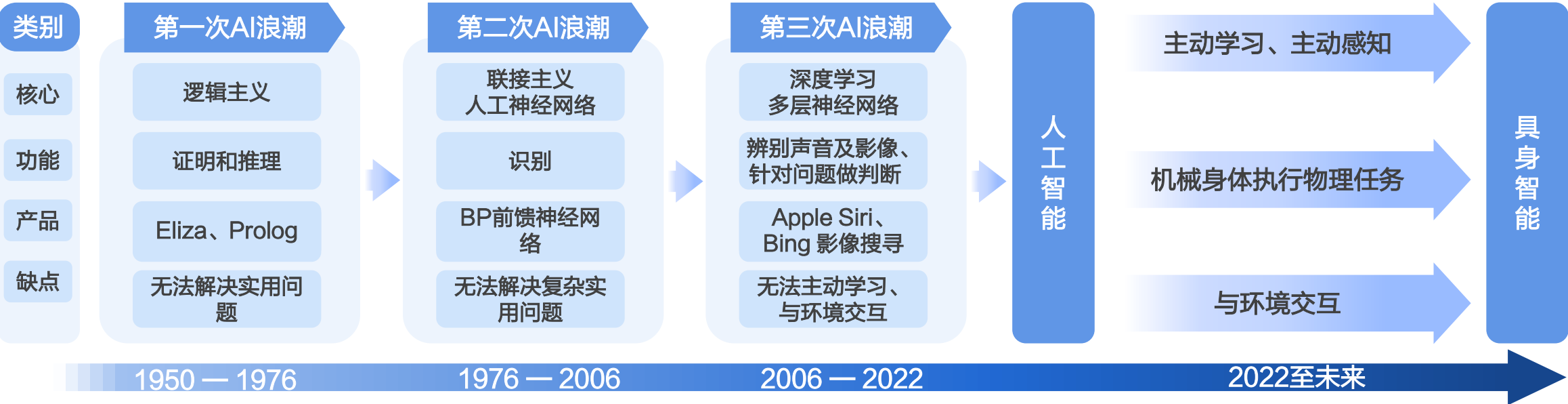
图：AI的典型应用领域



1.3、人工智能将以具身智能为方向高速发展

- 人工智能经历三次技术浪潮，当前正向具身智能（Embodied AI）发展演进。英伟达总裁黄仁勋表示，人工智能的下一个浪潮将驶向具身智能，即智能体通过与环境产生交互，通过自身的学习，产生对于客观世界的理解和改造能力。在技术突破和政策支持的双重推动下，人工智能驶往具身智能的进程不断加快。
 - ✓ 技术方面：ChatGPT的诞生，英伟达研发出多模态具身智能系统Nvidia VIMA、谷歌联合柏林工业大学团队发布多模态具身视觉语言模型PaLM-E、上交大提出PIE具身智能方案等，都加速推动着具身智能的落地；
 - ✓ 政策方面：多国表现出对具身智能的重视与支持，如中国发布《北京市促进通用人工智能创新发展的若干措施（2023-2025年）（征求意见稿）》，美国国家科学基金会与利益相关方投资1.4亿美元建立七个新的国家人工智能研究所等。

图：人工智能至具身智能的演变



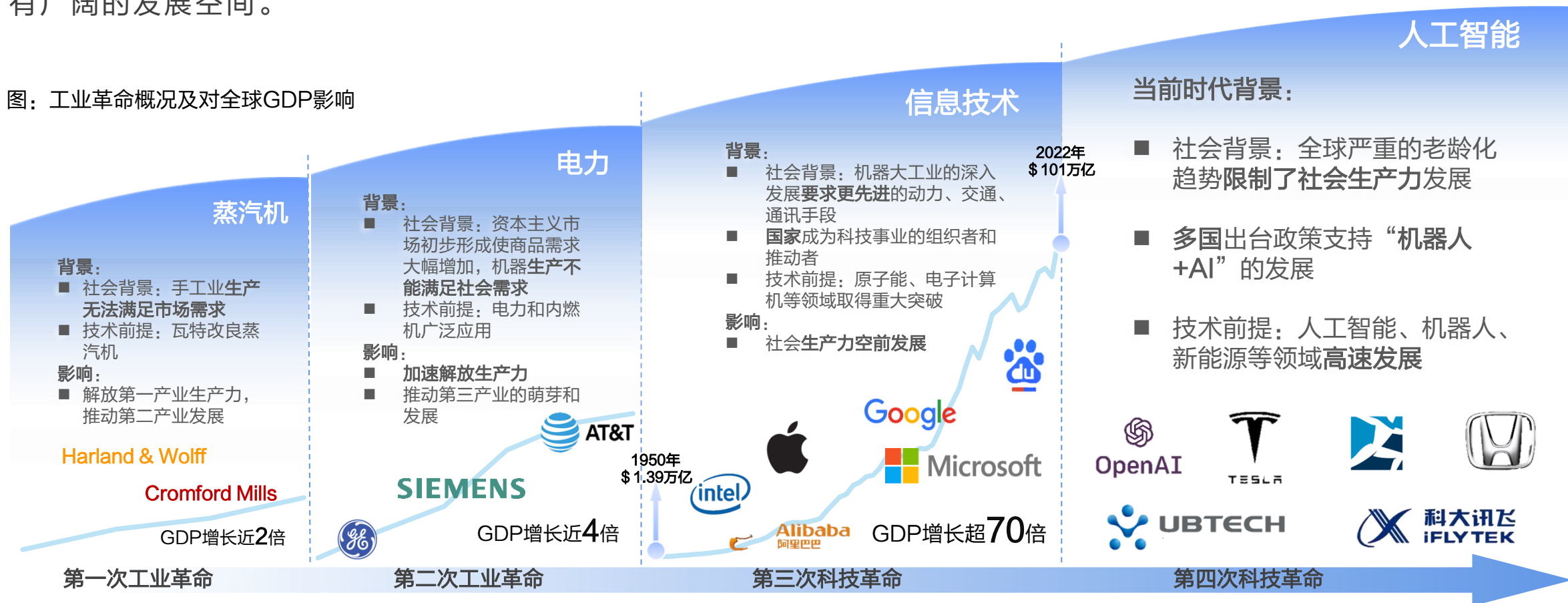
02 人形机器人代替人类： 科技进步与社会发展大势所趋

- ◆ 2.1 具身智能机器人或成为第四次科技革命的核心领域
- ◆ 2.2 人形机器人破解劳动力不足难题，替代劳动符合人类天性
- ◆ 2.3 人形机器人开启新一轮国际竞争，我国产业链优势凸显

2.1、科技趋势：具身智能机器人或成为第四次科技革命核心领域

- “具身智能+机器人”有望大幅解放生产力，成为第四次科技革命的核心领域。历史上三次工业、科技革命发生的根本原因是生产力无法满足社会发展需求，蒸汽机、电力、信息技术等突破性技术的出现，大幅提高了社会生产力，对世界经济的发展具有深远影响。当前，全球经济增长乏力，上一轮科技突破的红利接近尾声，亟需新一轮科技革命的出现。而具身智能机器人以AI、机器人领域技术不断突破为前提，并凭借“机器代人”、产业链长的特点，具有广阔的发展空间。

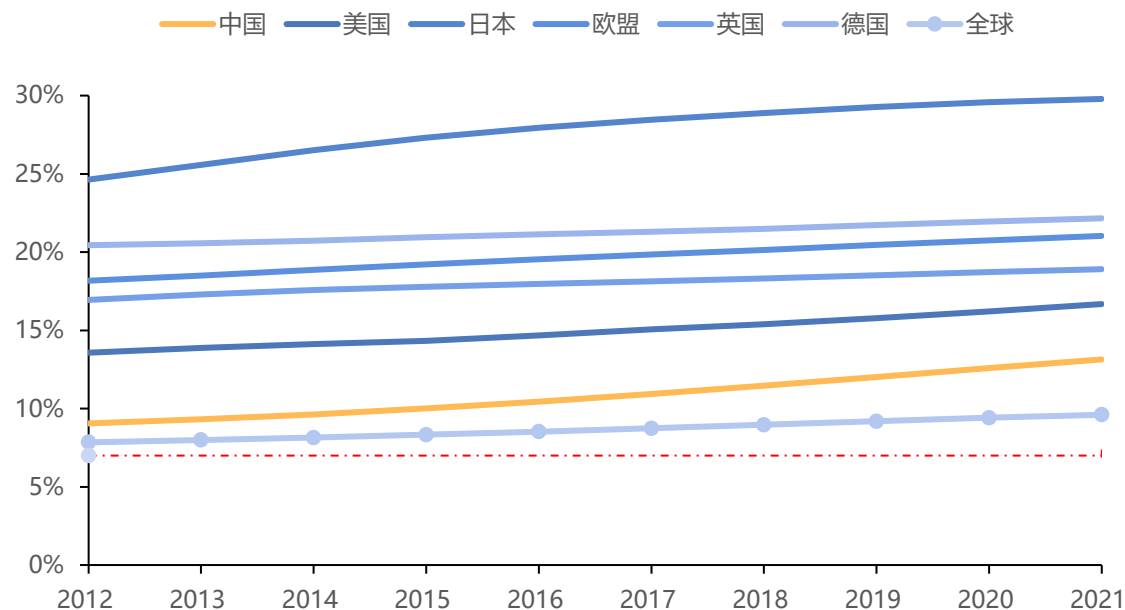
图：工业革命概况及对全球GDP影响



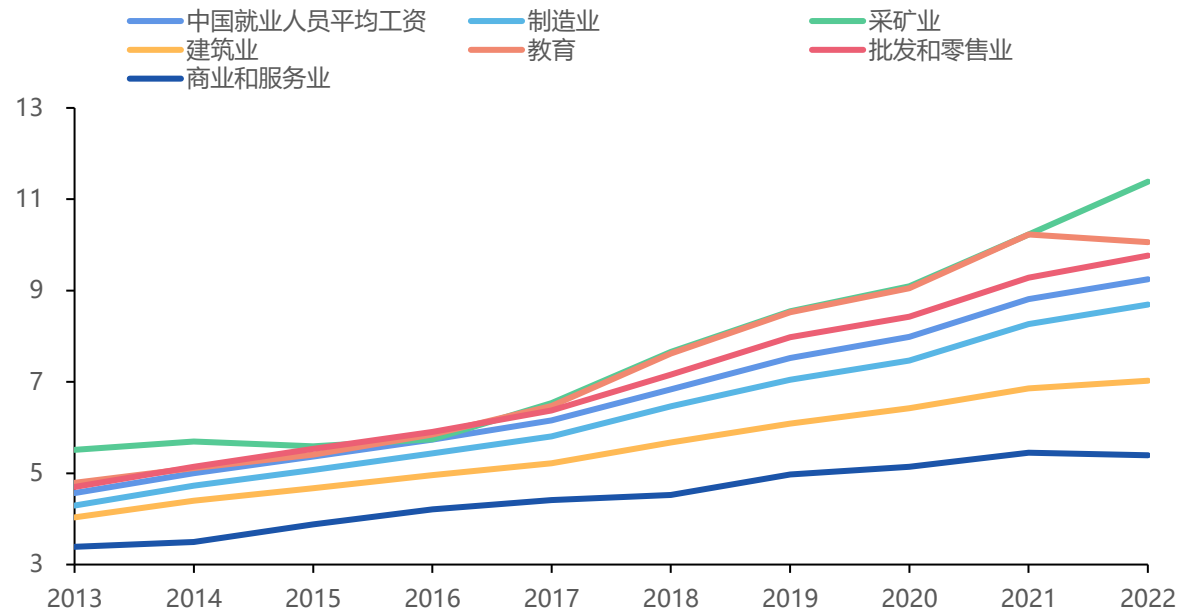
2.2、社会趋势：人口老龄化与劳动力不足为人形机器人创造机遇

- **社会老龄化趋势加剧，为人形机器人提供机遇。**随着经济和社会的进步，人口预期寿命进一步延长，生育率大幅下降，全球老年人口占比持续上升。WTO预计，2030/2050年全球老年人口将增至14/21亿人，老龄化成为全球社会的共同特征。人口老龄化将加剧劳动力供给紧张，企业用工成本不断提升。因此，许多行业尝试利用机器人应对劳动力短缺和劳动力成本增加带来的挑战。
- **老龄化带来的陪伴和康养需求，为人形机器人带来新的落地场景。**根据国务院发展研究中心公管所课题组测算，预计“十四五”时期，我国老年人口将超过3亿人，其中80岁及以上的老人比重持续上升，养老护理人员缺口将进一步加大。人形机器人在养老护理、医疗健康方面迎来广阔市场需求。

图：2012-2021年全球重点国家65岁以上人口比例



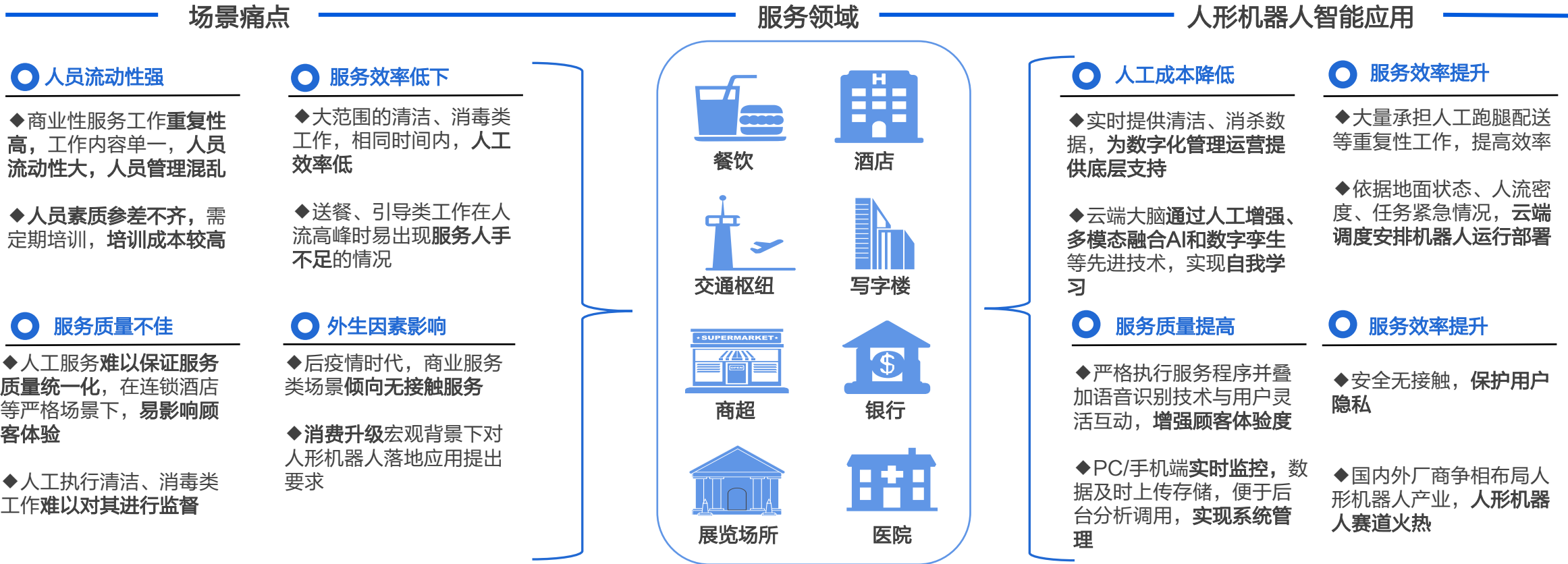
图：2013-2022年中国就业人员平均工资趋势（万元）



2.2、社会趋势：替代人力解放劳动符合人类进化本性

- 人形机器人落地应用场景广泛，可替代人类从事危险、枯燥重复的劳动。依托人工增强、多模态融合AI和数字孪生等先进技术，未来的机器人能够实现自我学习，在自主导航、智能作业、人机交互等维度展现的功能可覆盖商用服务场景的基本诉求，落地应用场景广泛，可将人类从非创造性的体力劳动中解放出来。

图：商业服务领域痛点需求、服务领域以及人形机器人的智能应用



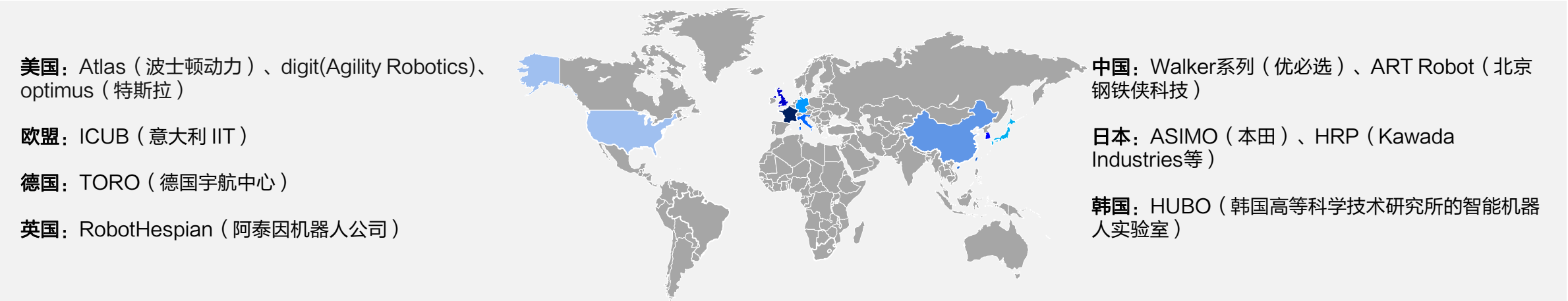
2.3、机器人与战略性新兴产业重合度高，助力构建国家竞争力

■ 机器人在加快技术创新、促进产业升级、锻造国家竞争优势等方面发挥越来越重要的作用，机器人产业发展是衡量一国技术创新竞争力的重要指标，积极发展机器人产业已成为许多发达经济体及新兴经济体的国家战略。

表：全球机器人产业相关政策梳理

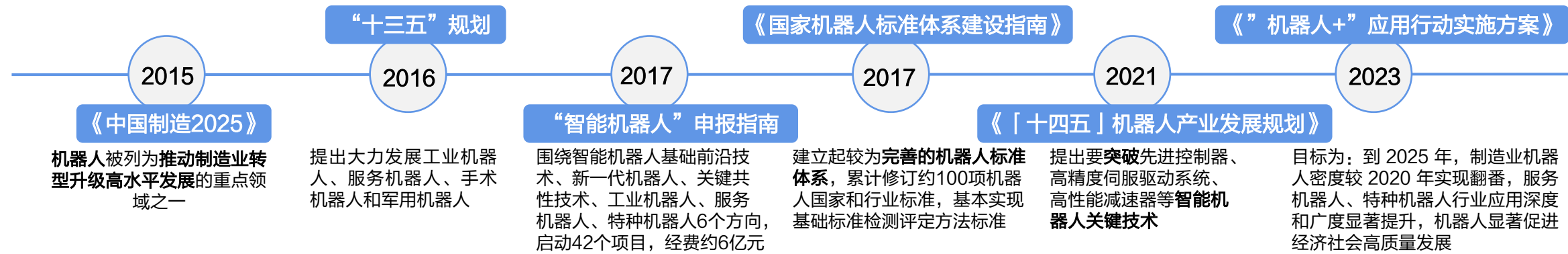
国家	机器人产业相关政策
中国	2023年1月，工信部等十七部门联合发布《“机器人+”应用行动实施方案》，强调落实《“十四五”机器人产业发展规划》重点任务，加快推进机器人应用拓展。
美国	美国国家机器人计划NRI -3.0 计划于2021年2月宣布，寻求对集成机器人系统的研究。美国政府在2021年向NRI-3.0基金提供了1400万美元的支持，鼓励学术界、工业界、非营利组织和其他组织之间的合作，以在基础科学、工程和技术开发和使用之间建立更好的联系。
德国	德国的高科技战略2025 (HTS)是德国研发和创新计划的第四版。到2026年，德国政府每年将投入约6900万美元的资金——五年的总预算为3.45亿美元。其研究课题主要是数字辅助系统，例如数据眼镜、人机协作、支持员工进行体力工作的外骨骼等。
欧盟	Horizon Europe是欧盟的重点研究和创新框架计划，预算达943亿美元，为期七年（2021 年至 2027 年）。欧盟委员会为2021-2022年机器人相关工作计划提供了总计1.985亿美元的资金。
日本	日本的“新机器人战略”旨在使日本成为世界第一的机器人创新中心。日本政府在2022年提供了超过9.3亿美元的支持。重点领域是制造业、护理和医疗、基础设施和农业。从2020年到2025年的5年期间，“登月研究与发展计划”中机器人相关项目的预算为4.4亿美元。
韩国	韩国第三次智能机器人基本计划正在推动将机器人技术发展为第四次工业革命的核心产业。韩国政府为“智能机器人2022年实施计划”拨款1.722亿美元。

图：全球知名人形机器人研发地区分布



2.3.1、国家推动：国内利好政策推动人形机器人产业发展

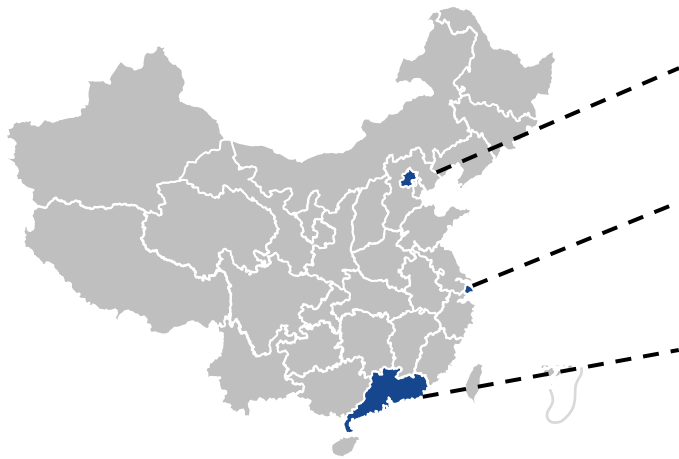
■ 我国对机器人产业高度重视，并颁布一系列政策以推动产业发展，如2023年1月由工信部等发布的《“机器人+”应用行动实施方案》等。中国机器人行业的市场参与者将逐渐形成聚集及协同效应。



图：《“机器人+”应用行动实施方案》十大重点聚焦领域



图：我国部分地区机器人相关政策举例



各地机器人政策

北京：2023年6月，《北京市机器人产业创新发展行动方案（2023—2025年）》公布，对人形机器人等细分产业的发展制定了目标和行动细则。

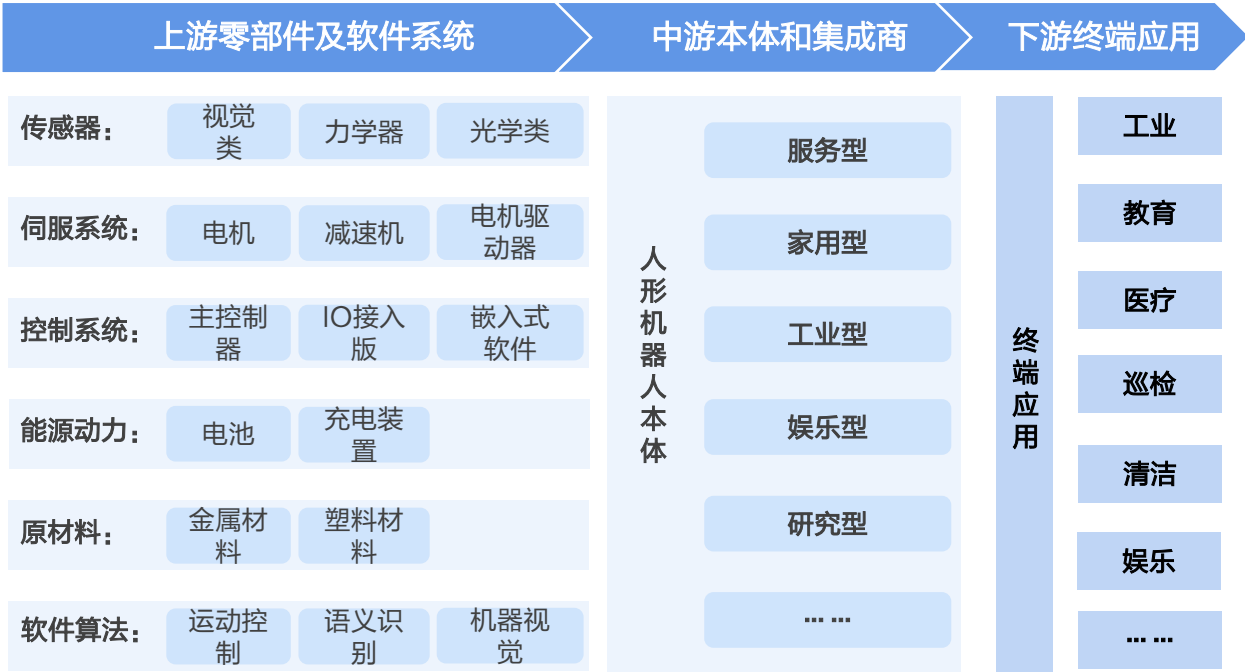
上海：2023年3月，经信委等8部门印发文件，规划在上海打造10家行业一流的机器人头部品牌、100个标杆示范的机器人应用场景、1000亿元机器人关联产业规模。

深圳：2023年5月，发布相关行动方案，加快组建广东省人形机器人创新中心，支持创新产品研发，并强调发挥粤港澳大湾区制造业优势，开展人形机器人规模化应用。

2.3.2、人形机器人属高端制造业，上下游产业链规模庞大

- 人形机器人产业链可以分为上游零部件及软件系统、中游本体及集成和下游终端应用。上游零部件和软件系统包括传感器、伺服系统、控制系统等；中游是本体集成设计组装；下游是终端应用市场，包括医疗、教育、救灾救援等不同场景的多个领域。
- 据艾瑞智数，在工业机器人中，控制器、伺服和减速器等主要零部件约占硬件成本的70%-85%。人形机器人上游核心部件外，增加了体现算力水平的专用芯片。随着机器人感知、决策、控制、交互能力升级，软件系统与配套技术支持在产业链中占比加大。但控制器、伺服和减速器等关键零部件仍是重点成本环节。

图：人形机器人产业链概览



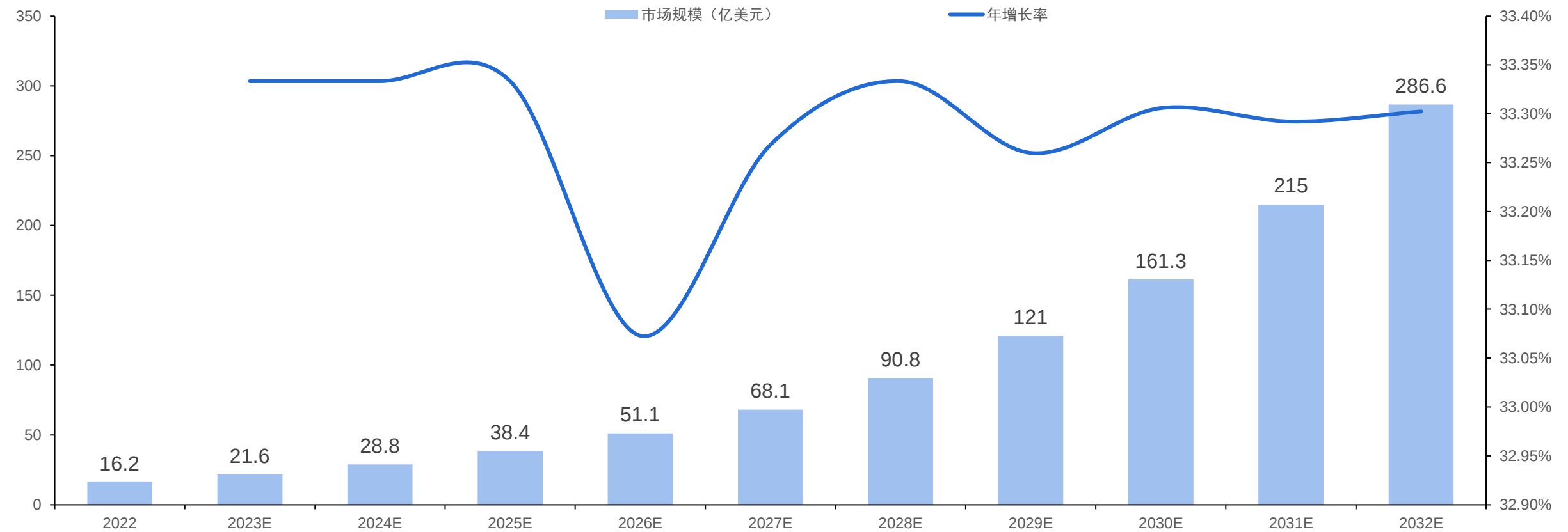
图：工业机器人关键零部件及市场特征

控制器	市场特征	1. 本体厂商纷纷自主研发，但大部分还是需要购买第三方产品 2. 国内厂商控制中，控制器占机器人成本比重约20%-25%，相对易拉开成本差距
	主要难点	行业封闭性强，生产实践数据积累少，模型算法需要修正
伺服	市场特征	1. 高端市场依赖进口，中低端市场可自主覆盖 2. 国内厂商市，伺服占机器人成本比重约25%-30%
	主要难点	高端驱动器、编码器需进口
减速器	市场特征	1. 市场集中度极高，高端市场为国外品牌绝对垄断 2. 议价能力强，供货周期长，国内一般4-6个月 3. 国内厂商中，减速器占机器人成本的比重约25%-30%
	主要难点	基础材料与生产工艺水平，逆向工程已经不适用

2.3.3、人形机器人全球市场百亿空间指日可待

■ 人形机器人作为通用型机器人，可以在多种应用场景下替代传统工业、服务以及特种机器人，拥有广阔的市场空间。Precedence Research预计，2022年全球人形机器人市场规模约为16.2亿美元，2032年，将达到286.6亿美元，10年复合增长率达33.28%。

图：2022-2032年人形机器人全球市场预测



2.3.3、人形机器人降本压力下国内供应商切入机会大增

- 高昂的零部件成本是目前阻碍人形机器人大规模商用落地的主要原因之一。在特斯拉机器人2万美元的目标下，硬件成本下降空间较大，国内厂商或迎来重要机遇。我们预计，现阶段关节硬件成本约为63万元。而要将总成本控制在2万美元（15-20万元）以内，仅关节硬件部分需要降本70%以上。
- 我国硬件供应商凭借响应速度快、性价比高、供应链全等优势，正迎来重要发展机遇。

图：Optimus现阶段关节主要硬件成本测算

注：价格信息采集于2023年7月

零部件	图示	数量	参考单价 (元)	单机价值量 (元)	比例	零部件	图示	数量	单个参考价 (元)	单机价值量 (元)	比例	零部件	图示	数量	单个参考价 (元)	单机价值量 (元)	比例
线性执行器		14		396900	62.82%	旋转执行器		14		204400	32.35%	灵巧手		2		30540	4.83%
无框电机		14	3000	42000	6.65%	无框电机		14	3000	42000	6.65%	空心杯电机		12	2000	24000	3.80%
力矩传感器		14	2500	35000	5.54%	谐波减速器		14	3000	42000	6.65%	行星减速箱		12	500	6000	0.95%
位置传感器 (编码器)		14	2750	38500	6.09%	力矩传感器		14	2500	35000	5.54%	蜗轮蜗杆		12	45	540	0.09%
反转式行星滚柱丝杠		14	20000	280000	44.32%	位置传感器 (编码器)		28	2750	77000	12.19%						
四点接触球轴承		14	100	1400	0.22%	交叉滚柱轴承		14	400	5600	0.89%						
						角接触球轴承		28	100	2800	0.44%						
总计：631840				396900						204400						30540	

03 关节执行器国产替代大有可为

- ◆ 3.1 特斯拉机器人两大类六规格执行器各司其职
- ◆ 3.2 旋转执行器：核心是伺服系统+精密减速器
- ◆ 3.3 线性执行器和灵巧手：重点关注行星滚柱丝杠与空心杯电机

3.1、大脑和关节执行器是Tesla Bot的核心构成

- Tesla Bot的主体在硬件上可分为大脑和躯干执行两大部分，采用电池组+电机驱动+刚性金属传动+串并联关节分布+视/力/位传感器的设计方案。负责感知和控制的大脑复用了特斯拉汽车上FSD的芯片和算法，是特斯拉相对于其他人形机器人公司的一大优势。躯干部分主要构成是集成电控的52V 2.3kWh电池包系统、28个执行器组成的主要关节，以及一双11自由度的灵巧手。

图：Tesla Bot 主要构成部件



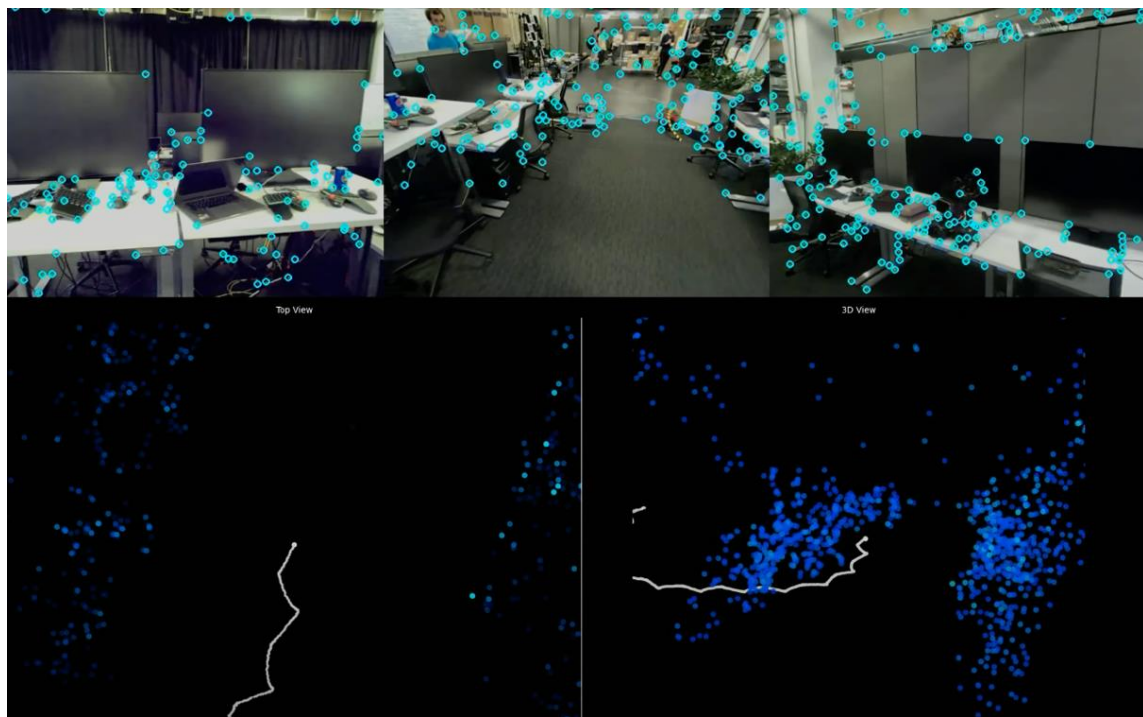
图：2023WAIC特斯拉机器人样机展示



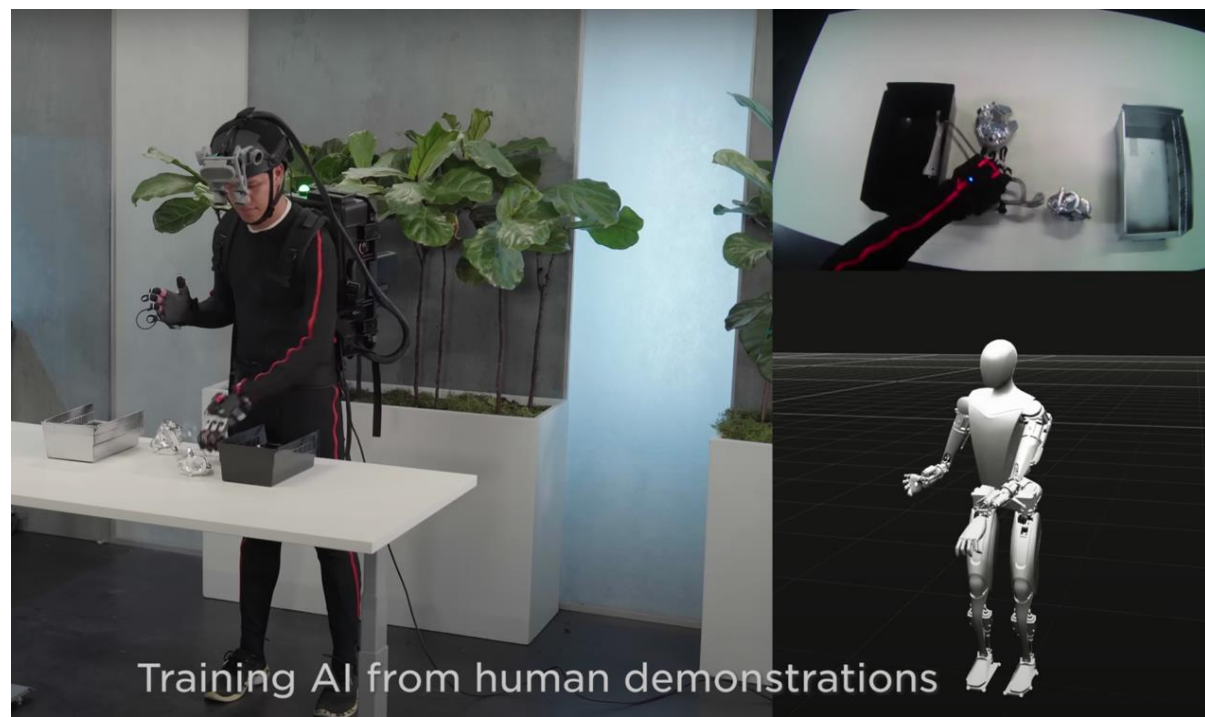
3.1.1、大脑：复用FSD让机器人“自动驾驶”

- 共用汽车FSD系统，降低开发成本的同时，也能够更快具备环境识别的记忆能力。Tesla机器人大脑采用了自家汽车FSD系统同款SOC芯片，并复用其视觉识别算法，采用全视觉方式识别物体边界，并借助特斯拉FSD超级计算平台对特斯拉机器人进行肢体训练，大幅降低开发成本。
- 自主行走：依据感知的环境可规划出期望路径，并计算出脚步落点，生成运动行走轨迹，最终转化为各执行器的动作输出，实现自主行走。

图：通过神经网络识别关键点以规划导航路径



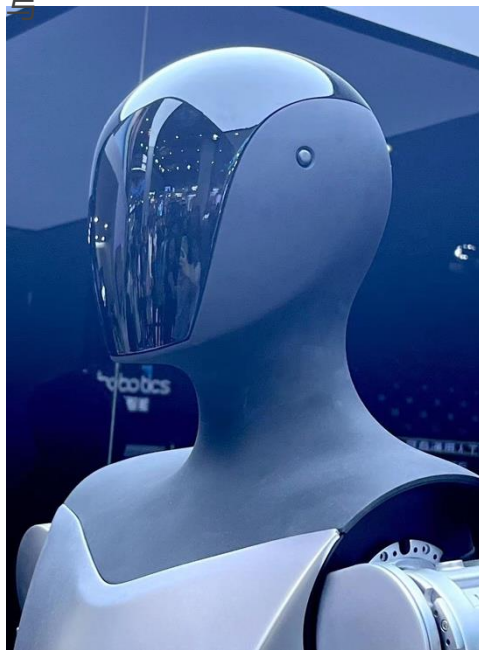
图：对机器人进行肢体动作训练



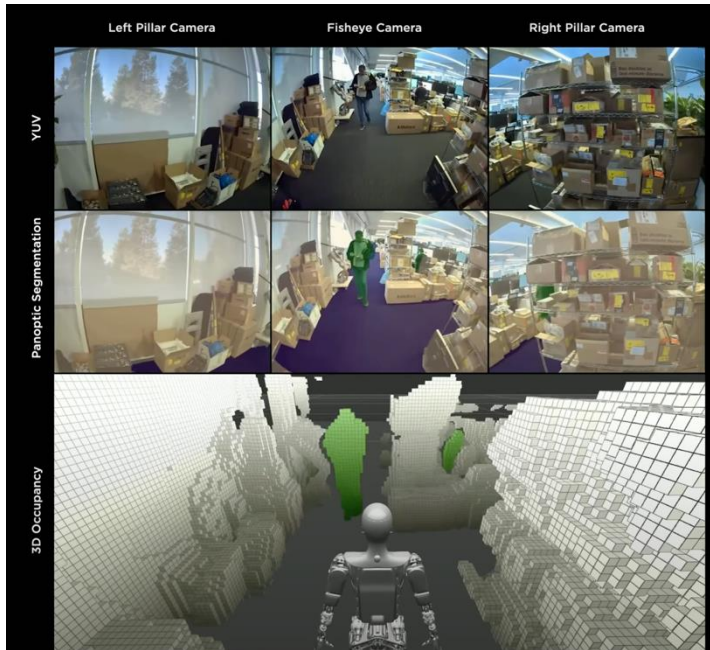
3.1.1、三颗摄像头模拟人类视角，已具备环境识别和记忆能力

- 环境感知依靠正面三颗摄像头，可基本模拟人类视角范围。根据特斯拉2022 AI Day视频，特斯拉机器人头部布置有一颗前部鱼眼摄像头、左右各一颗视觉摄像头。2023世界人工智能大会（WAIC）展出样机上所有摄像头均位于正面，在面罩之下不可见；此外，耳部或设置有收音装置。
- 据2023年5月特斯拉股东大会视频，特斯拉机器人已经初步具备通过视觉自主识别、记忆周边环境的能力。移植自FSD的Occupancy Network算法加速了特斯拉机器人视觉开发，可在此基础上按机器人使用场景重新采集环境数据进行训练。

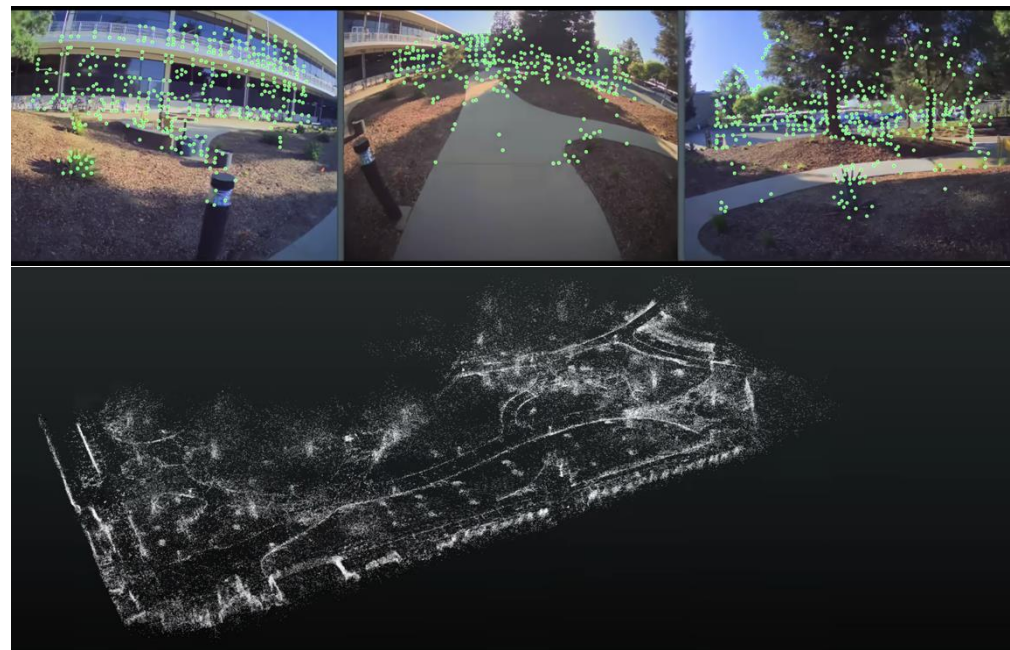
图：2023WAIC展出样机头部特写



图：摄像头视角和移植自FSD的神经网络



图：特斯拉机器人环境识别和记忆能力



3.1.2、躯干：旋转和直线两类六规格执行器赋予肌肉和力量

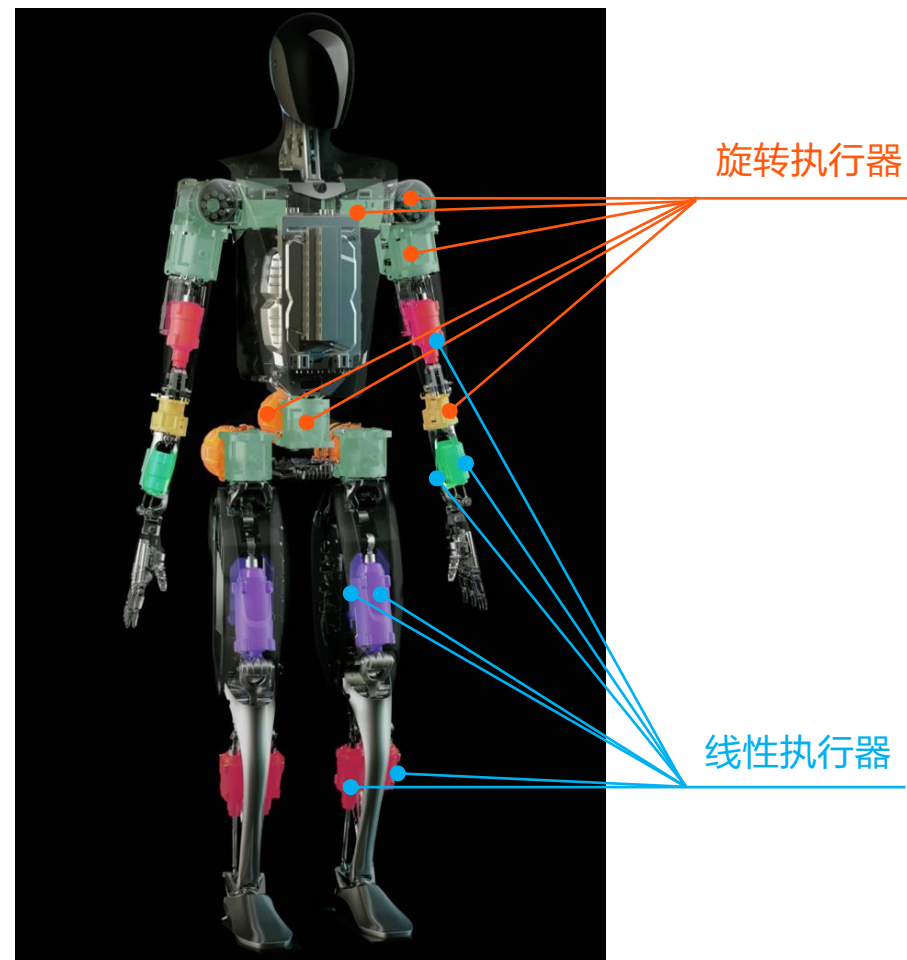
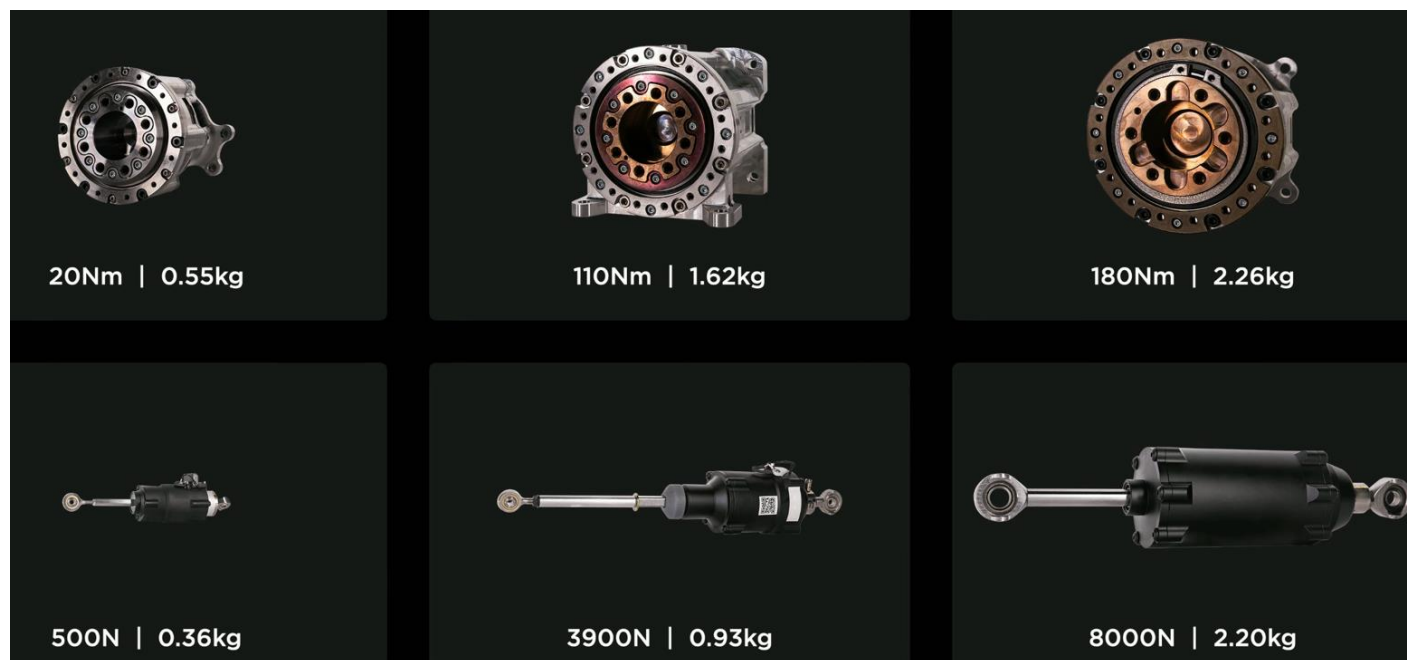
- 针对不同的肢体部位，特斯拉为机器人设计了旋转和线性两大类执行器，每一类有大小三个规格。执行器的作用相当于人体的肌肉，驱动关节运动。旋转执行器主要分布于肩髋等需要大角度旋转的关节，线性执行器分布于膝肘等摆动角度不大的单自由度关节、腕踝两个双自由度但是体积紧凑的关节。

图：旋转执行器和线性执行器应用示例

- 28个关节执行器具体应用部位推测：

- ✓ 旋转执行器14个：肩部6个、小臂2个、腰部2个、髋部4个
- ✓ 线性执行器14个：腕部4个、肘部2个、大腿4个、踝部4个

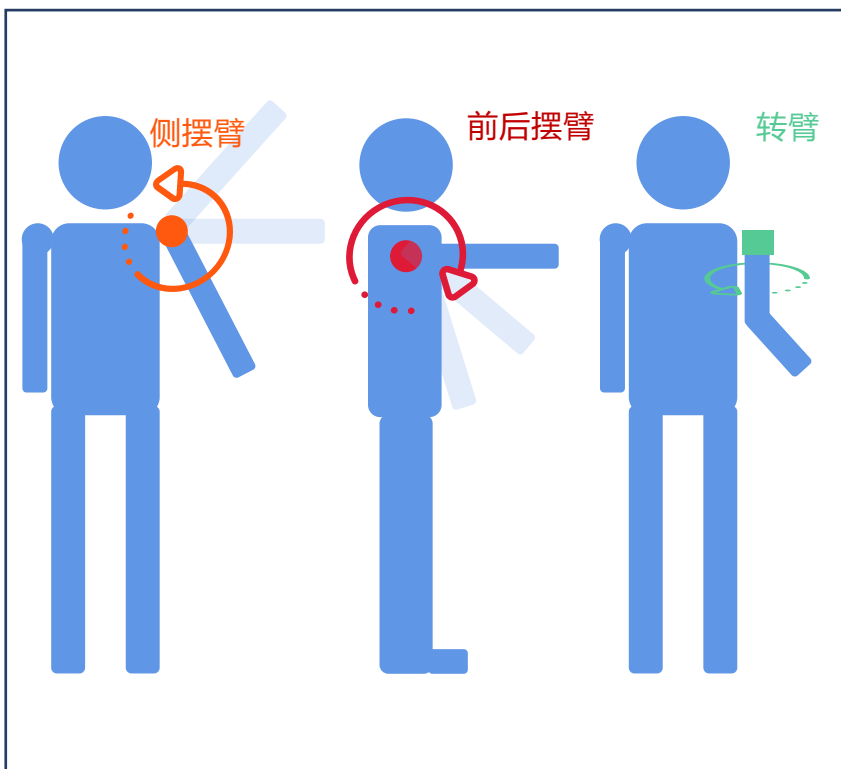
图：Tesla Bot 3种旋转执行器和3种线性执行器



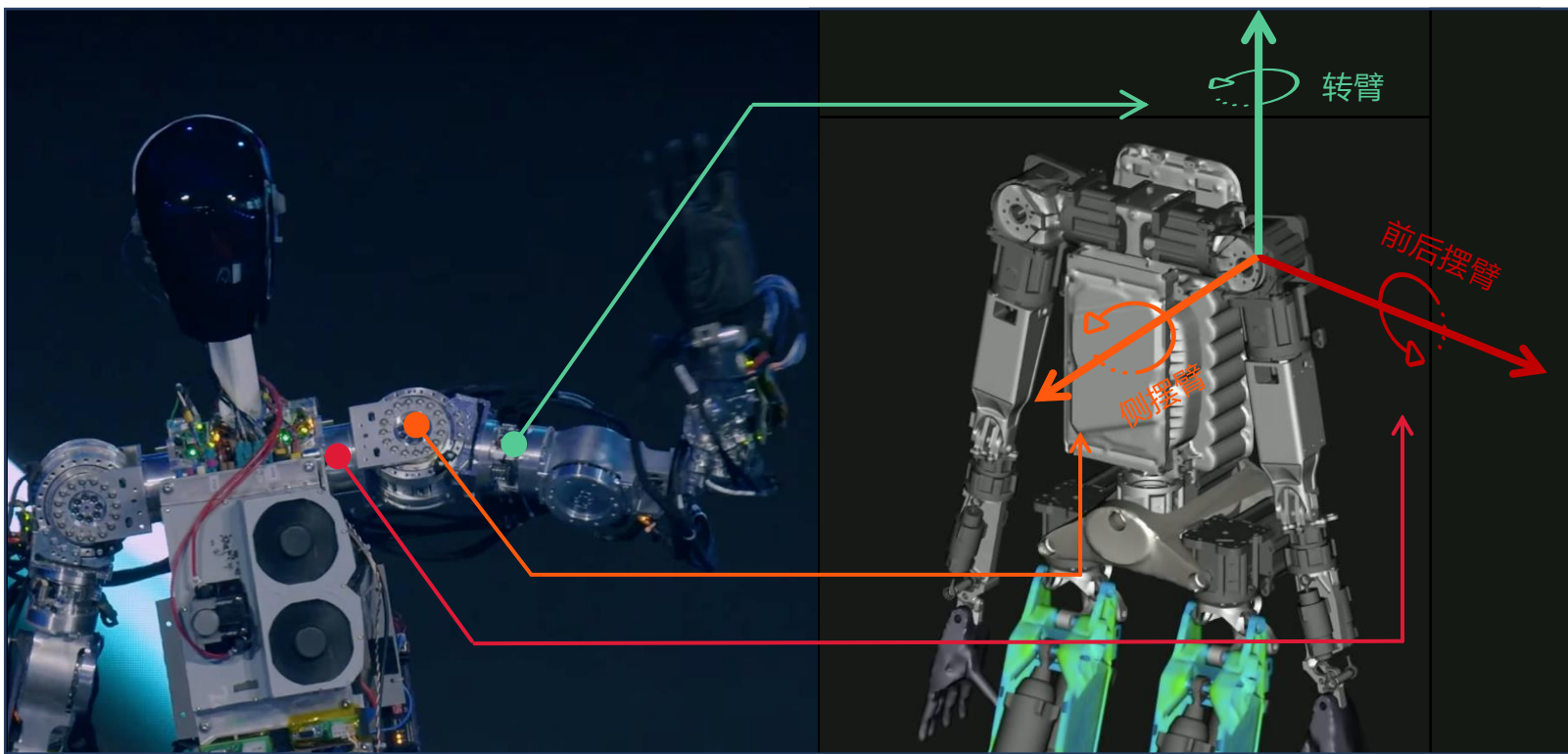
3.1.2、执行器与自由度的关系：一对一

- 机械物件在空间中有6个自由度，分别是沿X、Y、Z轴的平移，和绕X、Y、Z轴的旋转。通过三个平移自由度的移动可以让物体到达任意空间位置，通过三个旋转自由度的旋转可以实现物件的任意姿态。
- 以特斯拉机器人肩部为例，大臂固定在躯干上，位置确定，平移自由度受限；通过3个旋转自由度可实现大臂的任意姿态。

图：肩部三个旋转自由度示意图

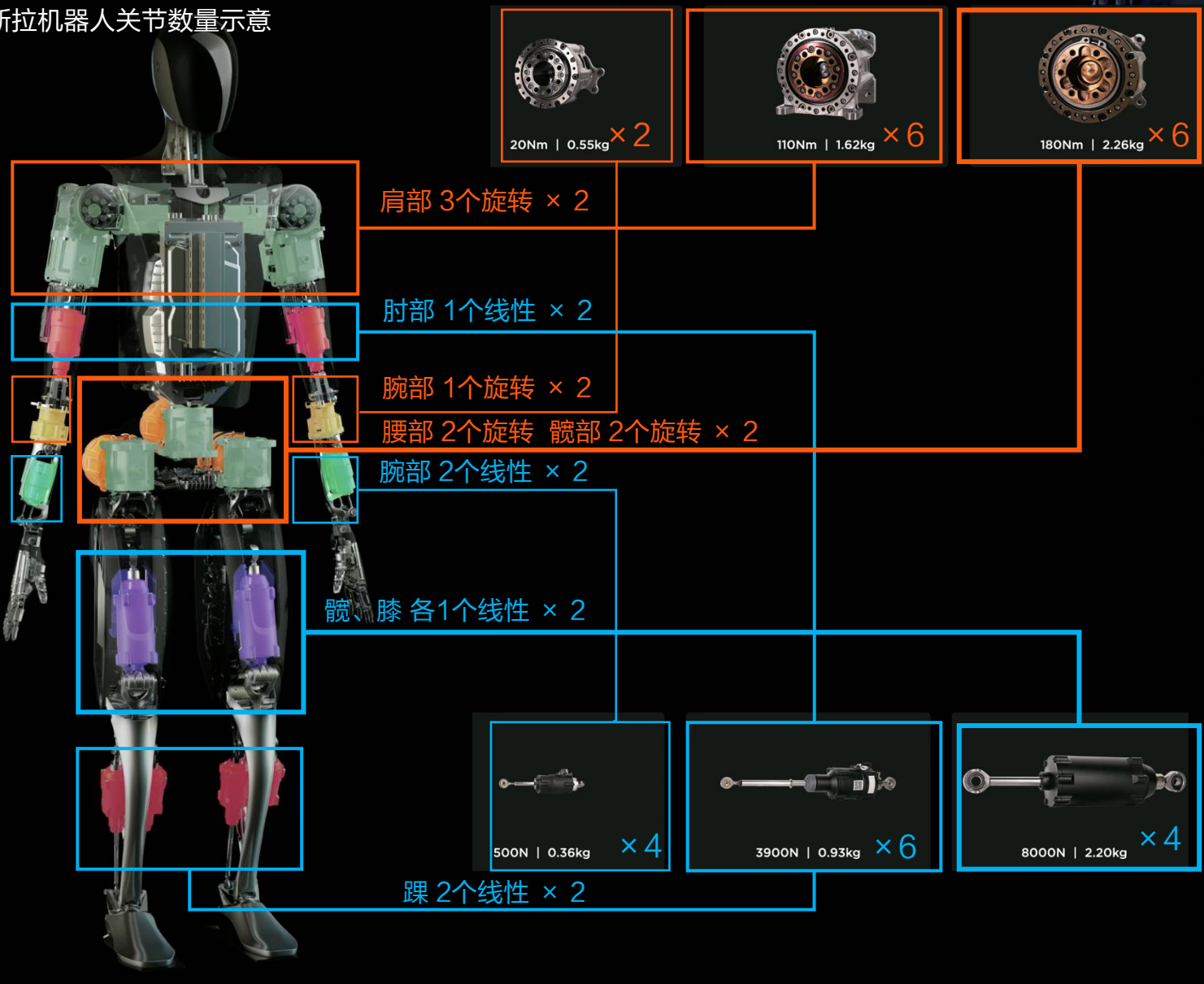


图：特斯拉机器人肩部三个旋转自由度示意图



3.1.2、六个规格执行器各司其职

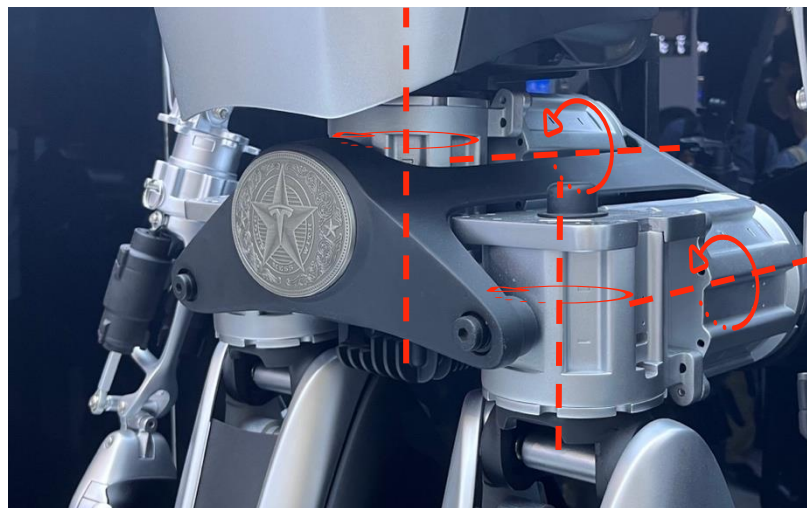
图：特斯拉机器人关节数量示意



类型	型号	肩	肘	腕	腰	髋	膝	踝
旋转	20 Nm			2				
	110 Nm	6						
	180 Nm				2	4		
线性	500 N			4				
	3900 N		2					4
	8000 N					2	2	

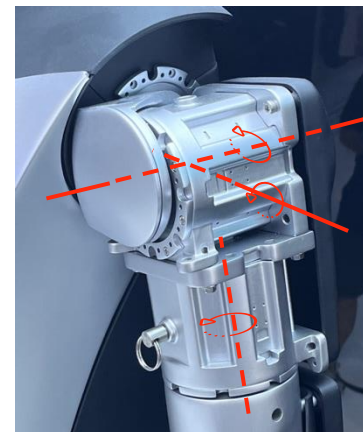
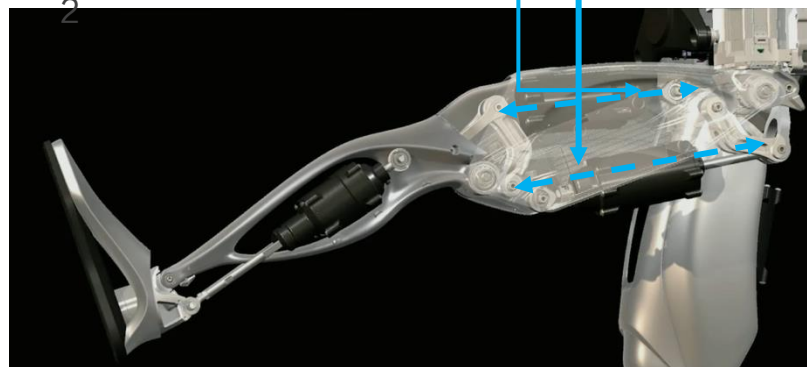
3.1.2、整体设计精简而科技感强

图：特斯拉机器人部分关节运动设计细节



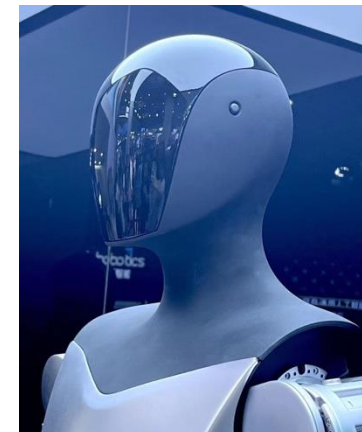
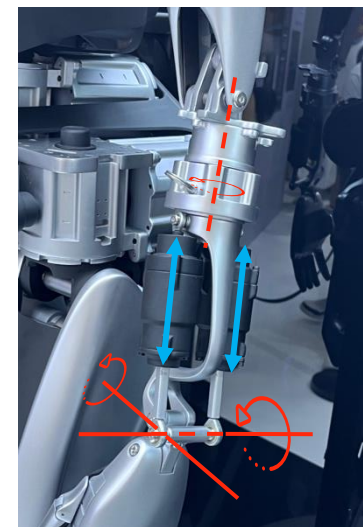
- 腰部 2个旋转
- 髋部 2个旋转 × 2

- 髌、膝 各1个线性 × 2



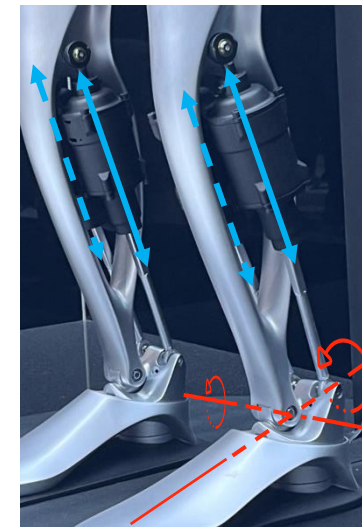
- 肩部 3个旋转 × 2

- 腕部 1个旋转2个线性 × 2



- 摄像头位于正面不可见

- 踝 2个线性 × 2



3.2、旋转执行器：以电机旋转运动驱动的旋转关节

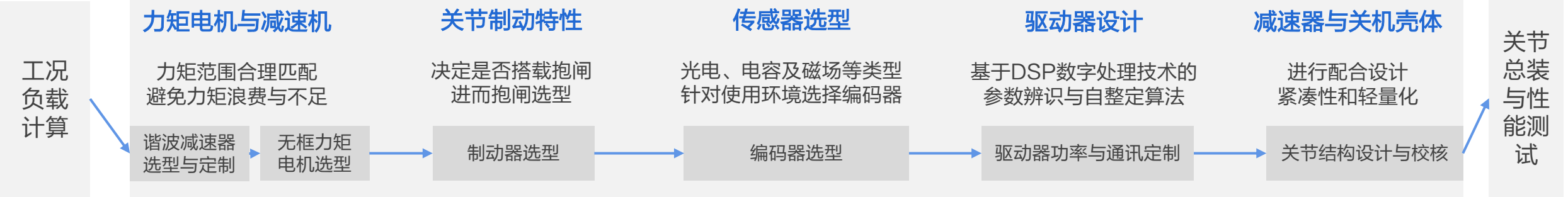
- 根据2022 AI Day信息推测，特斯拉机器人旋转执行器的主要组成部件是无框力矩电机+谐波减速器+机械离合+力矩传感器+高低速双编码器+驱动器，其他零件还包括输入端的角接触球轴承和输出端的交叉滚子轴承等，与常规仿人形机器人构造基本一致。需要注意，马斯克强调现有成熟方案均不符合特斯拉需求，各个执行器均采用的定制化方案，这意味着零部件上均有创新可能，本报告所述方案并非最终冻结方案，所举例零部件仅供示意参考。
- 旋转驱动具有旋转轴强度高、摩擦小、可靠性好等优点。无框电机、谐波减速器和编码器等零部件是其中的高价值量部件。

图：Tesla Bot 旋转执行器构造

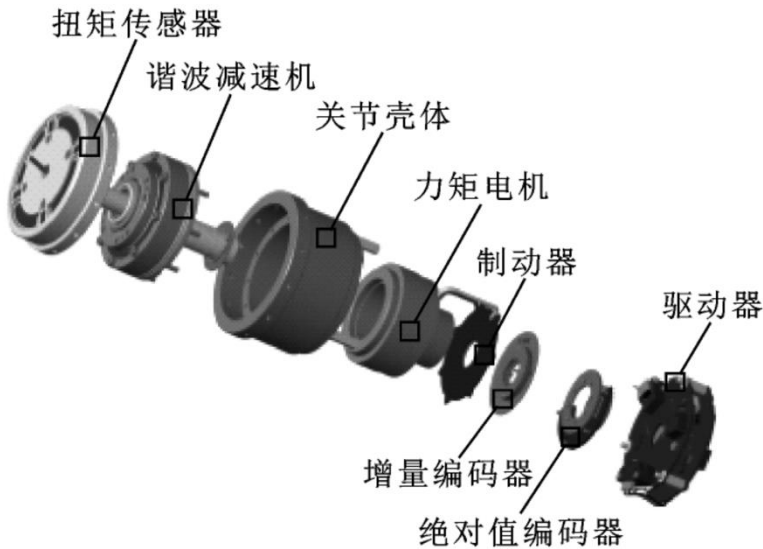


3.2、旋转关节的核心是伺服系统+减速器

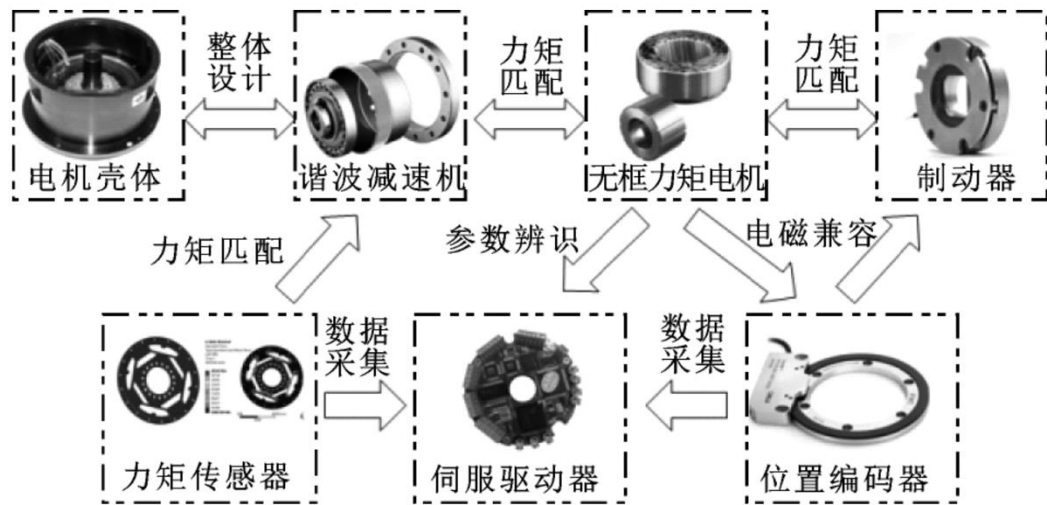
■ 特斯拉机器人的旋转关节设计与主流方案类似。更通用化的机电控一体化机器人关节通常由扭矩传感器、力矩电机、制动器、增量编码器、绝对值编码器、伺服驱动器以及谐波减速机组成。各核心零部件之间需定制化、参数化耦合设计，大致流程如下：



图：常见一体化旋转关节主要构件



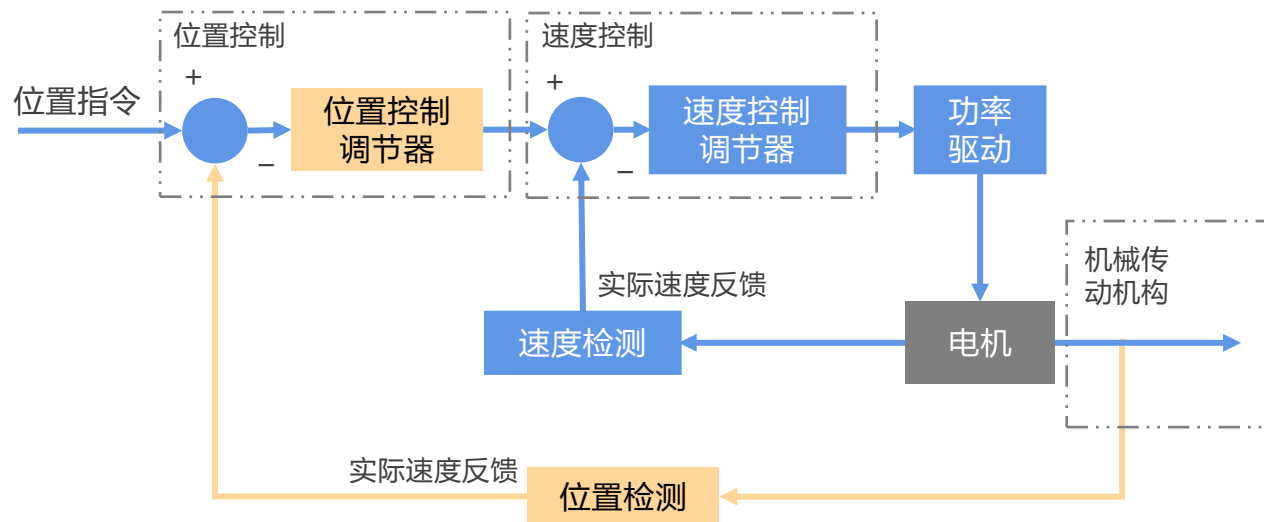
图：一体化关节核心零部件系统框架



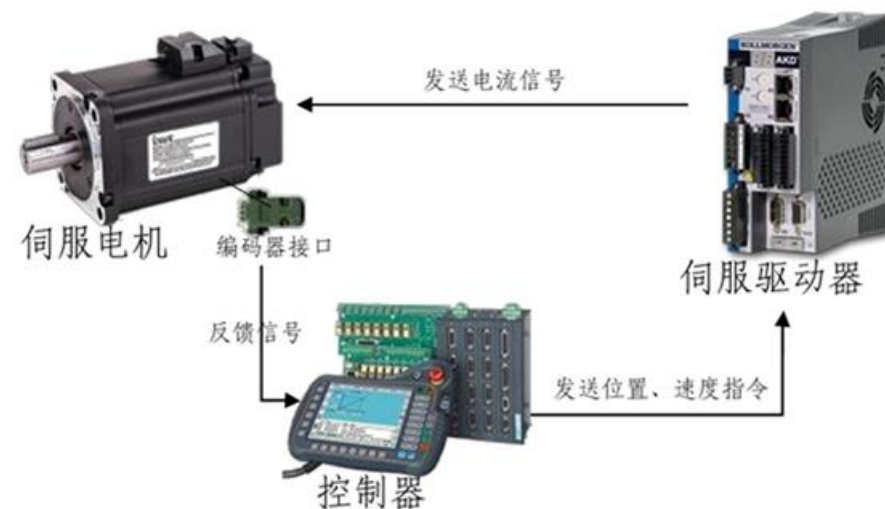
3.2、执行器控制原理：通过伺服系统实现精准控制

- 伺服驱动器、伺服电机、编码器等零部件组成的伺服系统，即以机械位置或角度作为控制对象的自动控制系统，是执行器能够驱动肢体精准运动的关键。伺服系统可以对其输出的速度、转矩和位置进行精确、快速、稳定的控制。
- 狭义伺服系统指被控制量（输出量）是负载机械空间位置的线位移或角位移。当位置给定量（输入量）作任意变化时，系统的主要任务是使输出量快速而准确地复现给定量的变化。
- 伺服驱动器负责将从控制器接收到的信息分解为单个自由度系统能够执行的命令，再传递给执行机构（伺服电机）；伺服电机将收到的电流信号转化为转矩和转速以驱动控制对象；编码器为伺服系统提供信号反馈。

图：伺服系统组成的结构构成



图：常规伺服系统组成原理框图



3.2.1、无框力矩电机以扭矩控制为特征，结构精简效率高

- 无框力矩电机是一种以输出扭矩为衡量指标的无框架式永磁电机，在中速运动时甚至静止或零速时也能产生稳定扭矩，从而适用于机器人关节。无框力矩电机和普通伺服电机都属于永磁同步电机，是由驱动器供电，驱动器控制U/V/W三相电形成电磁场，永磁体的转子在此磁场的作用下转动。
- 无框电机只有转子和定子两个部件，没有轴、轴承、外壳或端盖，相当于传统电机中用于产生扭矩和速度的部分。转子通常在内侧，由带永磁体的旋转钢圆环组件构成，直接安装在机器轴上。定子套在转子外侧，紧凑地安装在机器外壳主体内侧。定子主体由齿钢叠片组成，叠片外面包裹着能产生电磁力的铜绕组。齿轮外部环绕钢片和铜绕组，以产生紧密攀附在机器壳体内部的电磁力。
- 无框力矩电机具有体积小、性能强、可集成外壳以用于严苛环境等特点。

图：科尔摩根 TBM2G 系列无框电机构造

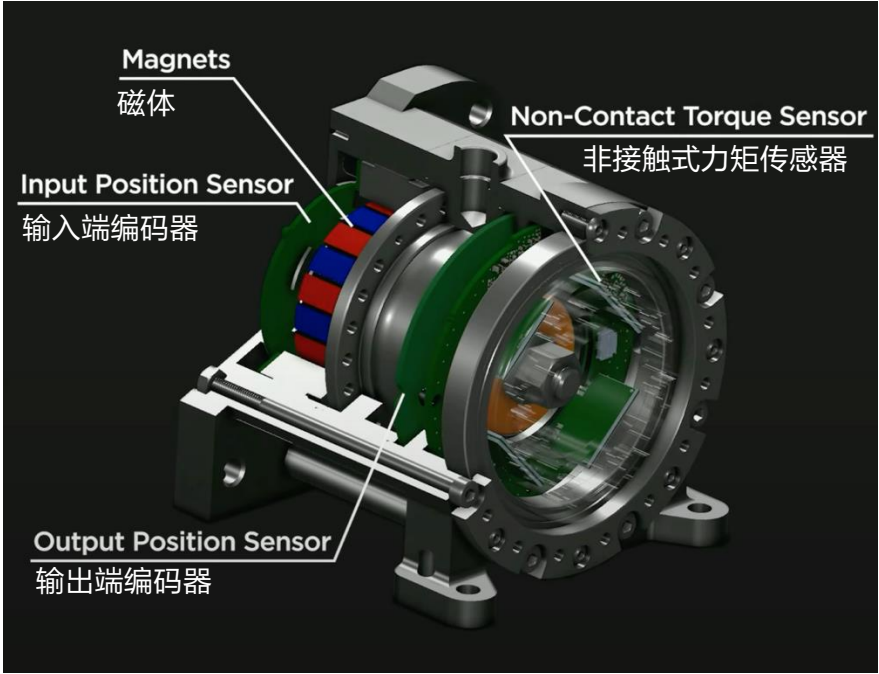
图：无框电机产品示例



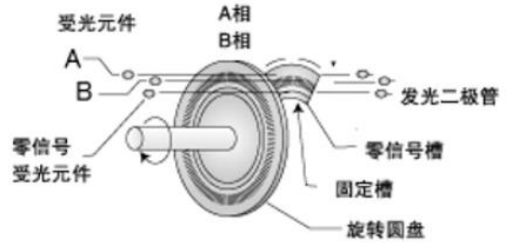
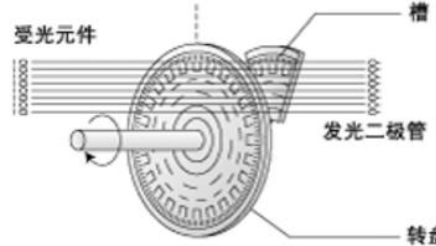
3.2.2、编码器：将旋转位置转变为电信号的传感器

- 编码器是用来测量机械旋转或位移的传感器，能够测量机械部件在旋转或直线运动时的位移位置或速度等信息，并将其转换成一系列电信号。根据检测原理，编码器可分为光学式、磁式、感应式和电容式四种；根据刻度实现方法及信号输出形式，可分为增量式、绝对式以及混合式三种。
- 一体化机器人关节一般采用增量编码器+单圈绝对值编码器的双编码器方案。其中增量编码器用于检测电机端，绝对值编码器用于检测减速机输出端。双编码器结构方案可通过控制来补偿谐波减速器的背隙，提高关节输出旋转精度。特斯拉方案为双编码器，具体类型未知。

图：特斯拉机器人旋转执行器



图：光电式增量编码器和绝对值编码器对比

项目	增量编码器	绝对编码器
输出	输出相对值，针对旋转角的变化量输出脉冲	输出绝对值，输出旋转角度的绝对值
断电应对	接通电源时需要原点复归动作	接通电源时无需原点复归动作
价格	结构较简单，价格低	结构较复杂，价格高
结构		
补充说明	该装置的旋转圆盘上设有很多光学槽，使发光二极管的光通过固定槽，再利用光电二极管检测该光束，并将槽的位置转换为电信号	在电机轴上安装绝对编码器，即可随时检测电机轴的固定位置。由于不需要脉冲计数，故接通电源时无需原点复归动作

3.2.3、谐波和RV是机器人减速器应用领域的两大主力

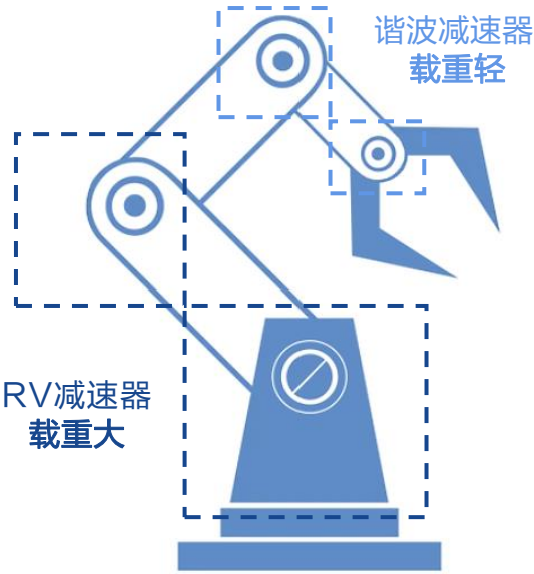
- 减速器是连接动力源和执行机构的中间机构，用于匹配转速和传递转矩。按照控制精度划分，减速器可分为一般传动减速器和精密减速器。精密减速器回程间隙小、精度较高、使用寿命长，更加可靠稳定，应用于机器人、数控机床等高端领域，主要包括谐波减速器、RV减速器、精密行星减速器等种类。
- 高精密领域广泛使用的主要是谐波减速器与RV减速器，前者体积小、重量轻、负载力矩1500N·m以内；后者刚性强、重量和体积较大、负载力矩可达8000N·m，技术门槛更高。二者适用领域不同，暂不能互相取代。
- 人形机器人出于小型化和轻量化的考虑，更多使用谐波减速器。据特斯拉2022 AI Day信息，特斯拉旋转执行器使用谐波减速器。

表：RV减速器和谐波减速器对比

注：信息摘自2020年8月25日《绿的谐波招股说明书》

产品	RV减速器	谐波减速器
技术特点	通过多级减速实现传动，组成的零部件较多。	通过柔轮的弹性变形传递运动，与其他精密减速器相比，用料更少、体积更小、重量更轻
产品性能	大体积、高负载能力和高刚度，负载可达8000N·m	体积小、传动比高、精密度高，负载不超1500N·m
应用场景	一般应用于多关节机器人中机座、大臂、肩部等重负载的位置	主要应用于机器人小臂、腕部或手部。
终端领域	汽车、运输、港口码头等行业中通常使用配有RV减速器的重负载机器人	3C、半导体、食品、注塑、模具、医疗等行业中通常使用由谐波减速器组成的30kg负载以下的机器人
价格区间	5,000-8,000 元/台	1,000-5,000 元/台

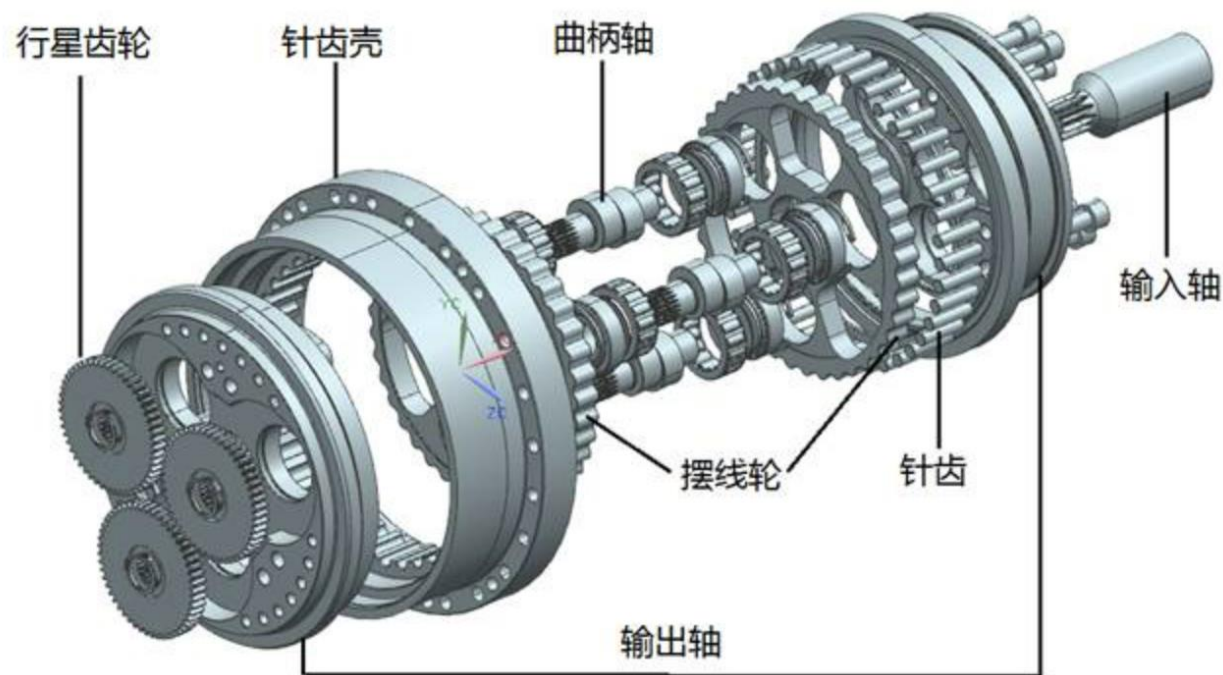
图：RV减速器和谐波减速器在工业机器人中的作用部位示意



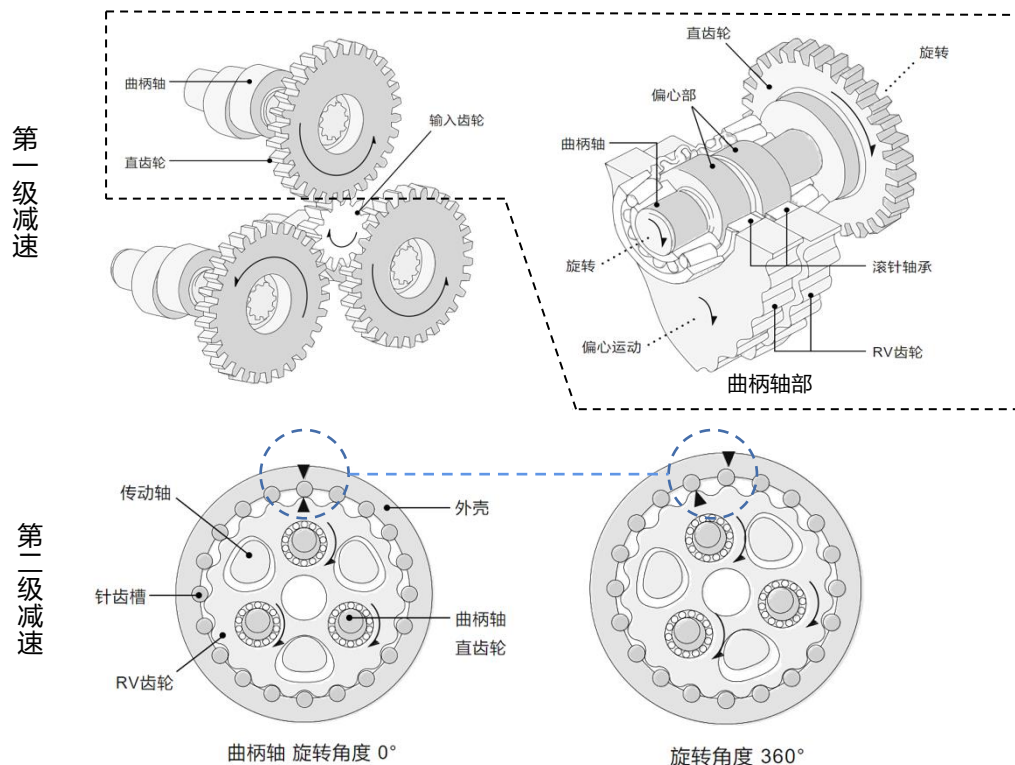
3.2.3、RV减速器机零部件多且机加工精度要求高

- RV减速器是2级减速器，组成的零部件较多，重量和体积较大。其一般由行星齿轮减速器的前级和摆线针轮减速器的后级组成，传动比范围大、精度较为稳定、疲劳强度较高，并具有更高的刚性和扭矩承载能力，在机器人大臂、机座等重负载部位拥有优势。
- 在生产方面，RV减速器零部件数量多，对齿轮加工精度和装配精度要求高，制造和装配难度大。在应用方面，RV减速器重量重、外形尺寸较大的特性，使其无法向轻便、灵活的轻负载领域发展，主要用于工业机器人领域。

图：RV减速器结构示意图



图：RV减速器原理示意图



3.2.3、谐波减速器体积小重量轻，更适用于人形机器人关节

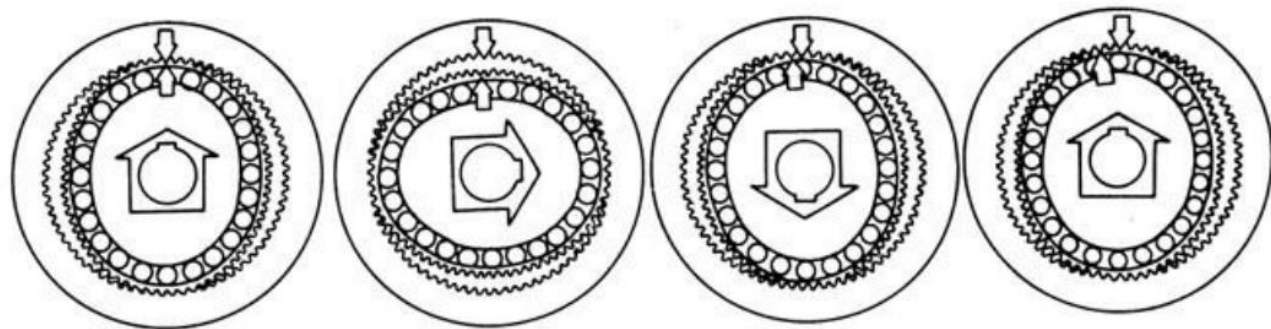
- 谐波减速器构造主要由带有内齿圈的刚轮、带有外齿圈的柔轮、波发生器三个基本构件组成。其原理是靠波发生器使柔轮产生可控的弹性变形波，通过其与刚轮的相互作用，实现运动和动力传递。其特点是传动比大并且范围广、精度高、空回小、体积小、重量轻、传动平稳、噪声小、可向密封空间传递运动等。
- 据绿的谐波招股书，与一般减速器相比，在输出力矩相同时，谐波减速器的体积可减少2/3，重量可减轻1/2，这使其在机器人小臂、腕部、手部等部件具有较强优势，比其他精密减速器更适合人形机器人。但谐波减速器抗冲击性能较差，需针对机器人摔倒等受冲击场景进行优化设计。

图：谐波减速器结构示意图



图：谐波减速器原理示意图

1. 当波发生器装入柔轮内圆时，迫使柔轮产生弹性变形而呈椭圆状，使其长轴处柔轮齿轮插入刚轮的轮齿槽内，成为完全啮合状态；
2. 而其短轴处两轮轮齿完全不接触，处于脱开状态，当波发生器连续转动时，迫使柔轮不断产生变形并产生了错齿运动，从而实现波发生器与柔轮的运动传递。
3. 谐波减速器中波发生器转动一周时，柔轮向相反方向转过两个齿的角度。

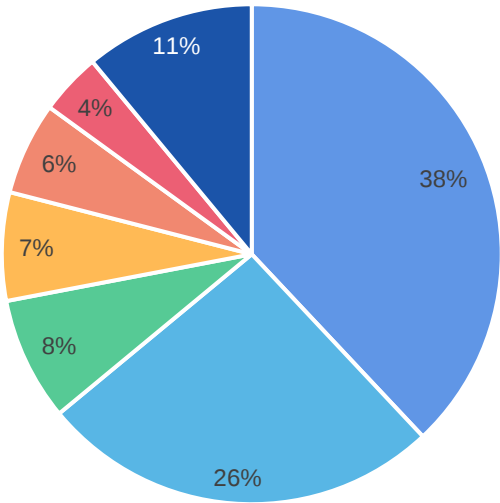


3.2.3、海外龙头主导精密减速器市场，国产替代进行时

- 全球范围内，哈默纳科(Harmonic Drive System)与纳博特斯克(Nabtesco) 分别在谐波减速器和RV减速器领域取得了市场主导地位，依靠长期的研发技术积累、规模化的生产能力、稳定的产品质量和性能，二者与ABB、发那科、库卡、安川等国际工业机器人生产商合作历史悠久，在行业内的市场地位较为突出。
- 我国精密减速器正处于快速发展时期，已形成国产替代趋势。谐波减速器相比RV减速器技术壁垒偏低，发展时间较短，国内厂商相对容易突破，已出现绿的谐波、来福谐波等优质国产厂商。据MIR DATABANK数据，2022年国内谐波减速器市场绿的和来福占比分别达到26%和8%；RV减速器纳博特斯克市占率仍然过半，但以环动科技等为代表的国内公司正在扩大市场份额。

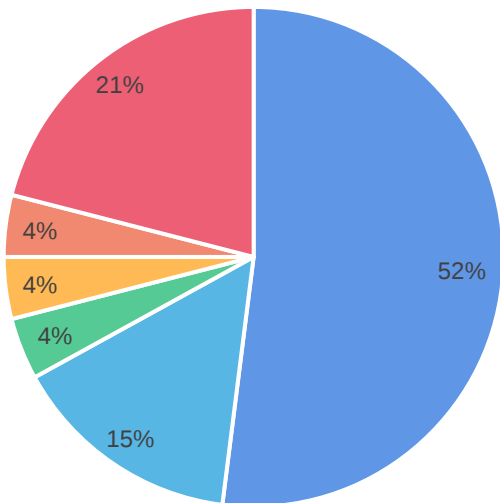
图：2022中国谐波减速器市场份额

■ 哈默纳科 ■ 绿的谐波 ■ 来福谐波 ■ 日本新宝 ■ 同川科技 ■ 大族谐波传动 ■ 其它



图：2022中国RV减速器市场份额

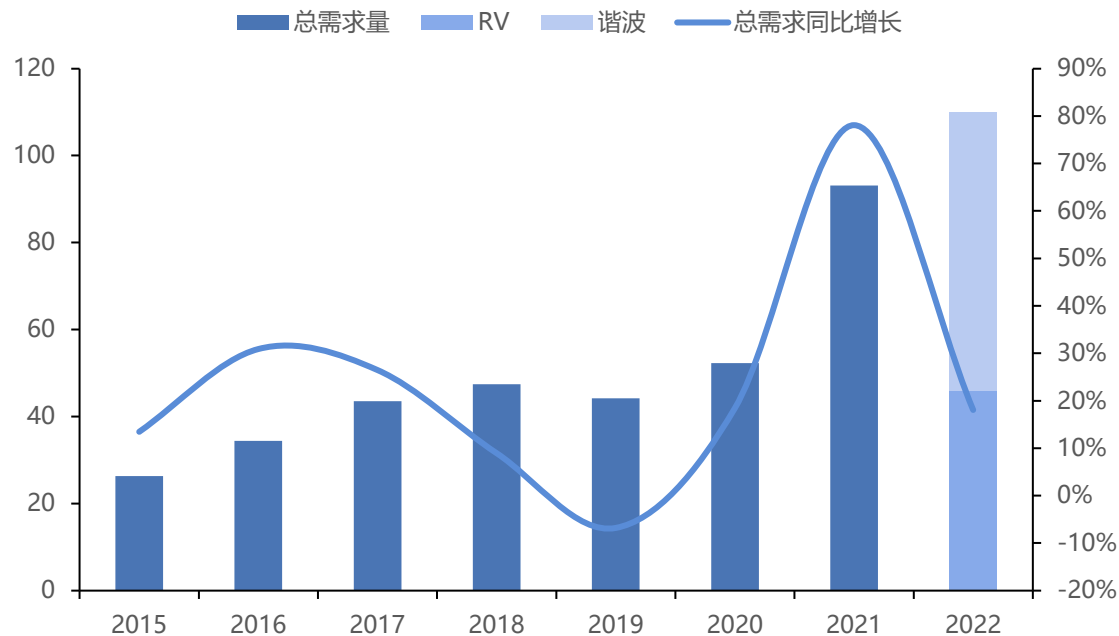
■ 纳博特斯克 ■ 环动科技 ■ 住友 ■ 中大力德 ■ 南通振康 ■ 其他



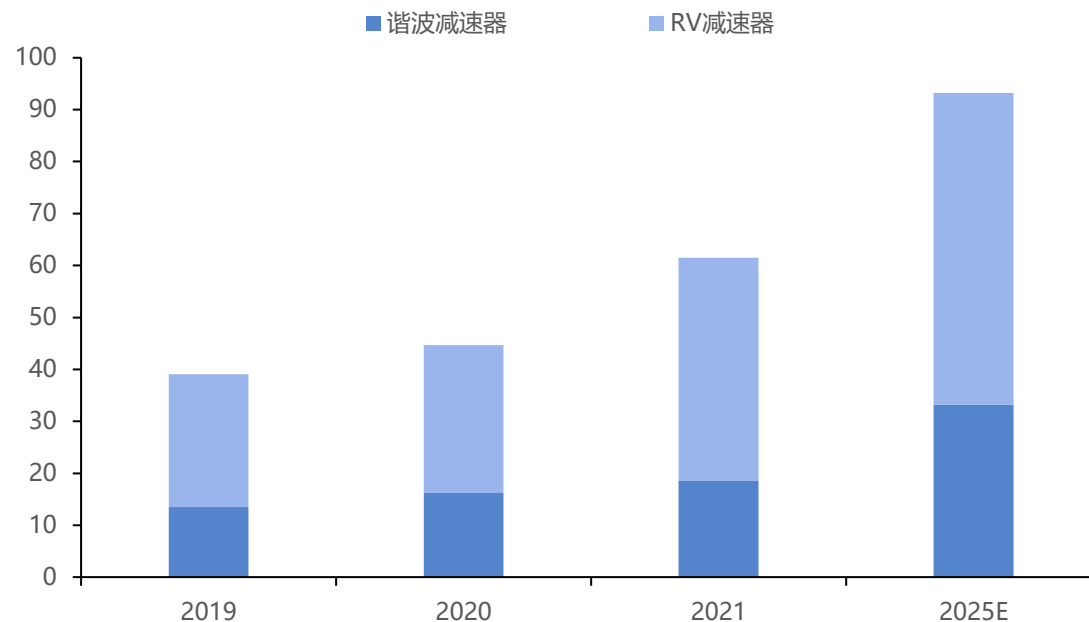
3.2.3、国内谐波和RV市场需求超百万台，市场增长可期

■ 各类机器人需求增长可期，减速器市场前景广阔。减速器市场需求量与工业机器人市场高度相关，2022年受实体经济增速放缓的影响，工业机器人下游占比较大的应用领域如传统汽车、3C行业等行情下滑，工业机器人增长不及预期，减速器需求增长有所收缩。但是在智能制造转型升级的大环境下，随着人形机器人等各类机器人的快速发展，预计减速器市场规模将在未来几年持续扩大。据GGII预计，2023-2026年，中国工业机器人用减速器需求总量约776万台；据中商产业研究院预测，2025年谐波和RV减速器市场规模可达93.2亿元。

图：2015-2022中国工业机器人减速器需求（万台）



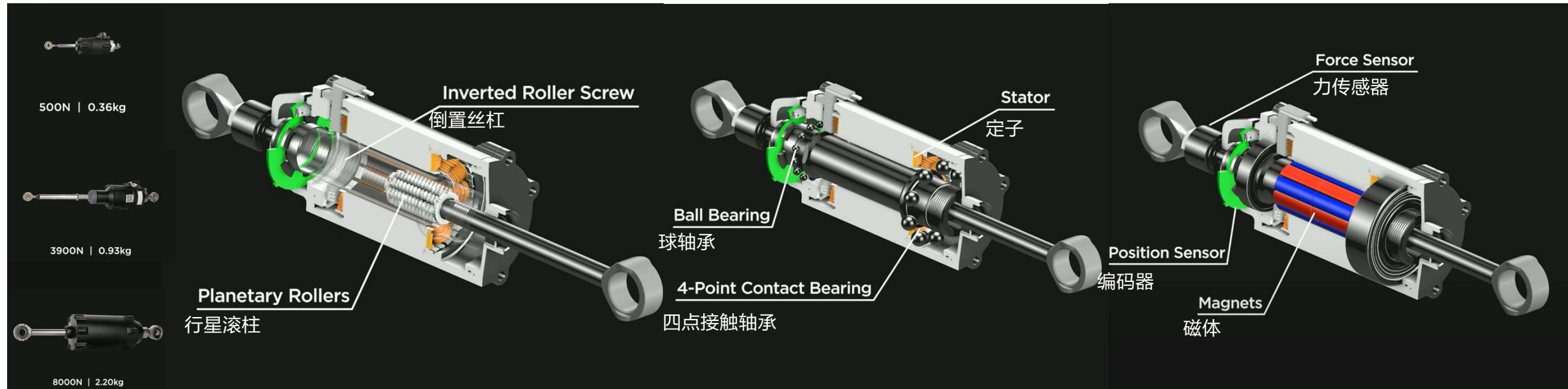
图：2019-2021年我国两种减速器市场规模及2025年市场规模预测（亿元）



3.3.1、线性执行器：驱动肘膝腕踝弯折运动

- 根据特斯拉2022 AI Day信息推测，线性执行器的核心组成部件为无框力矩电机+行星滚柱丝杠+力传感器+编码器+驱动器，执行器通过丝杠将电机的旋转运动转化为直线运动，用于驱动肘、膝、腕、踝等弯折而非旋转的部位。相比旋转，直线运动驱动对关节件的加速度影响更小，其平稳性更适合于行走机构关节。

图：Tesla Bot 线性执行器构造

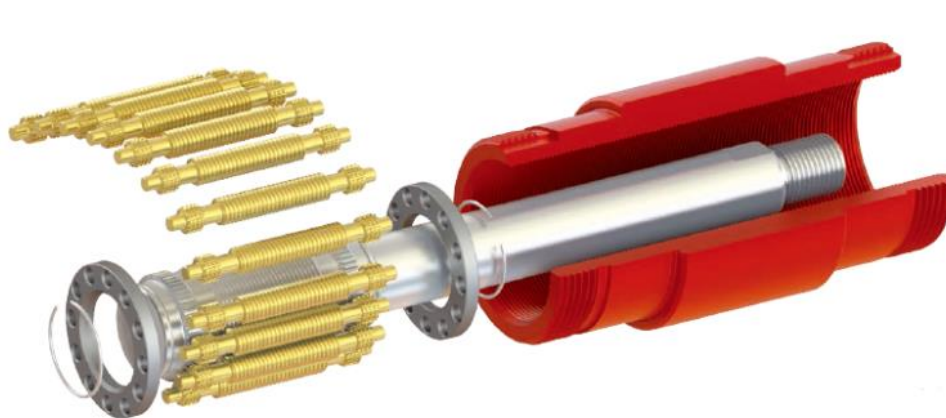
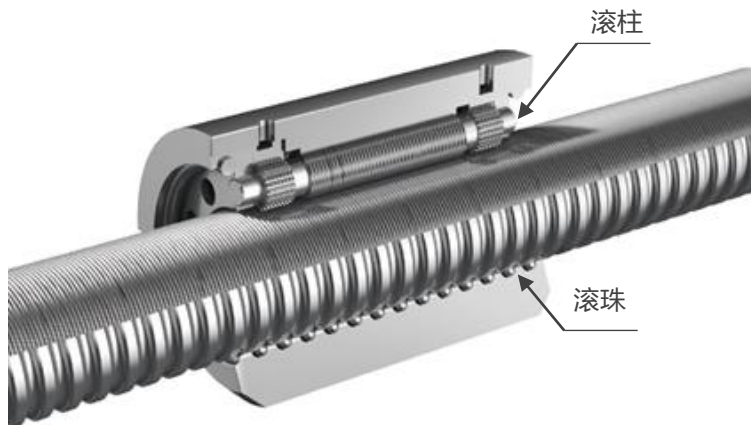


3.3.1、行星滚柱丝杠：高承载高可靠精密传动件

- 行星滚柱丝杠与滚珠丝杠的结构相似，区别在于载荷传递元件为螺纹滚柱，而非滚珠，其主要零件有主丝杠、滚柱、螺母、齿圈、法兰盘等，可实现直线运动与旋转运动相互转换的精密传动。
- 行星滚柱丝杠具有高承载、长寿命、抗冲击、高可靠性等特点。但由于其结构复杂、加工难度大和成本较高，主要应用于航空航天、新能源装备、高精密机床、汽车、船舶与机器人等高端技术领域。
- 根据滚柱的运动特征，可分为非循环型、循环式、反转式以及微分行星式等多种类型。据2022 AI Day信息，特斯拉直线关节采用反转式行星滚柱丝杠，滚柱和丝杠同步在螺母的内螺纹行程中轴向运动，二者之间在轴向无相对运动，因此丝杠主轴上只需在与滚柱配合的位置加工螺纹，其余位置可以是光轴。反转式可通过较小的导程实现更高的额定负载，尺寸更紧凑，密封性能更好。

图：行星滚柱丝杠与滚珠丝杠对比

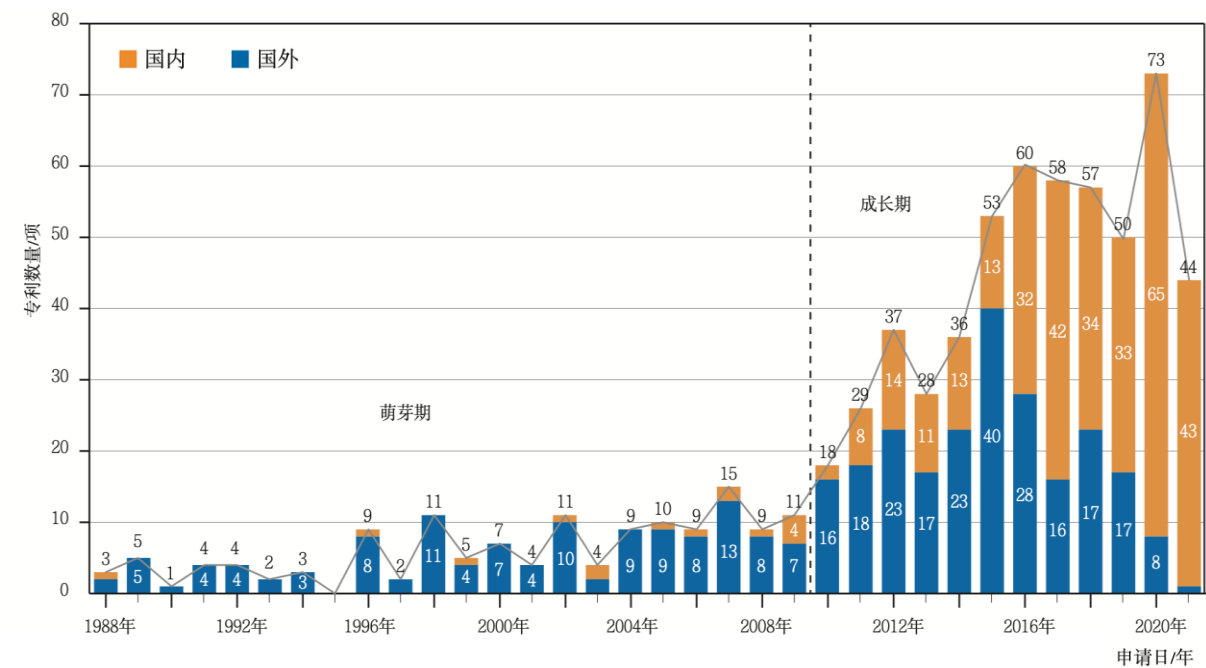
图：反转式行星滚柱丝杠结构图



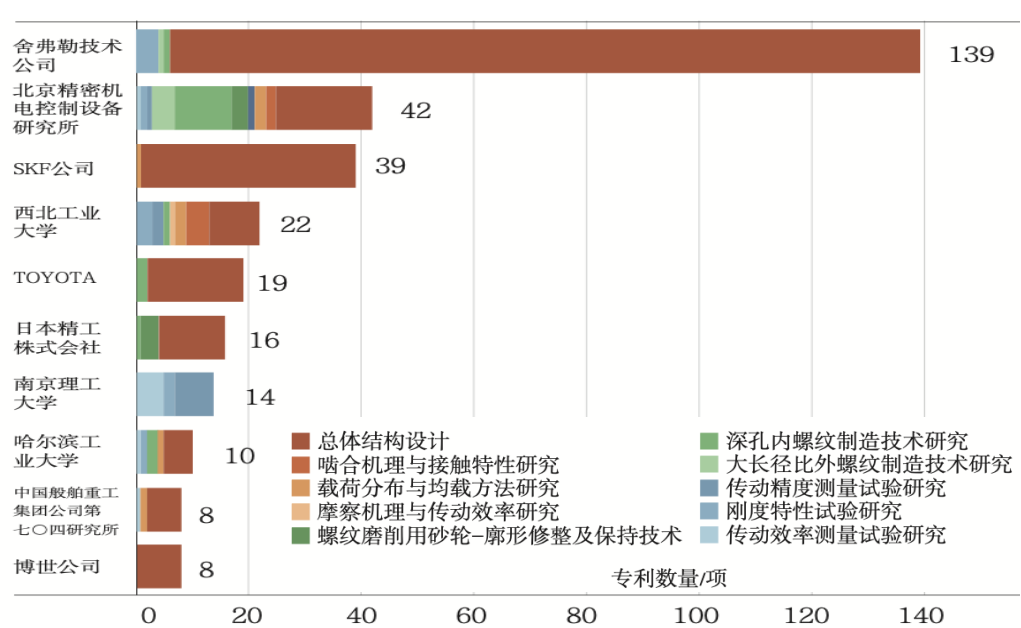
3.3.1、行星滚柱丝杠：国外发展成熟，国内加速追赶

- 国外企业研究早、积累多，理论比较成熟。国外多家企业长期致力于行星滚柱丝杠设计研发、制造和推广应用，在生产和研究经验积累较多。主要知名国际厂商有德国舍弗勒集团(Schaeffler)旗下的INA、瑞典斯凯孚 (SKF)、瑞士力姆泰克(Rollvis)、瑞士 GSA、博世力士 乐(Bosch Rexroth AG)、美国 Creative Motion Control (CMC)、美国 Exlar 公司、英国 Power Jack 公司、德国 LTK 公司等。
- 我国对行星滚柱丝杠研究和发展较晚，近年来呈加速追赶态势。2016年以来，我国行星滚柱丝杠相关专利申请数量显著增长，截至2021年已申请325项，占相关专利总量44%。但是，国内行星滚柱丝杠整体水平与国外先进公司仍有差距，还处于研发或小批量生产和应用状态，成熟规模应用的产品较少。

图：国内外行星滚柱丝杠领域相关专利数量变化



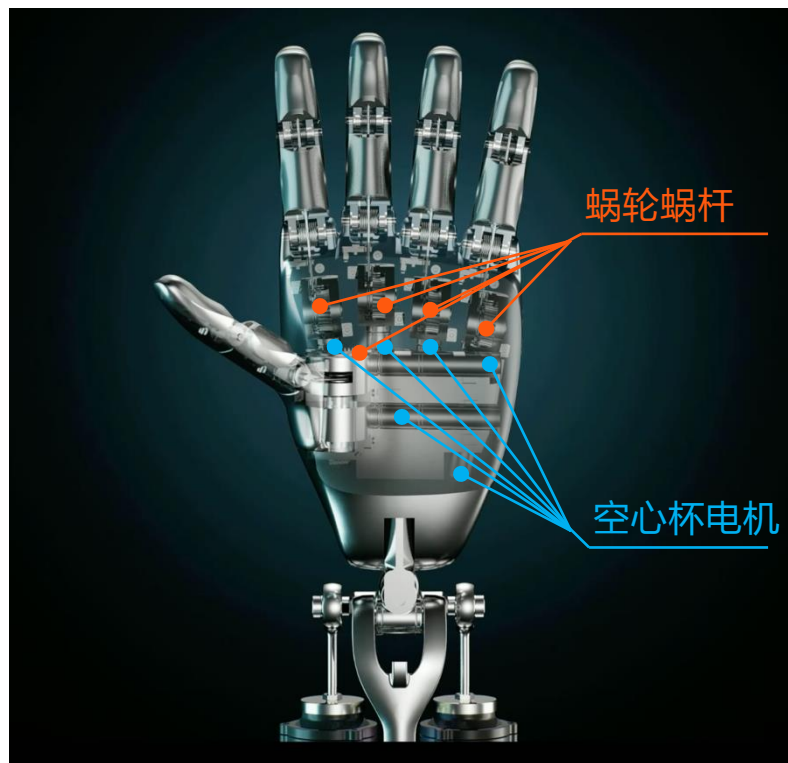
图：行星滚柱丝杠领域主要专利权人排名



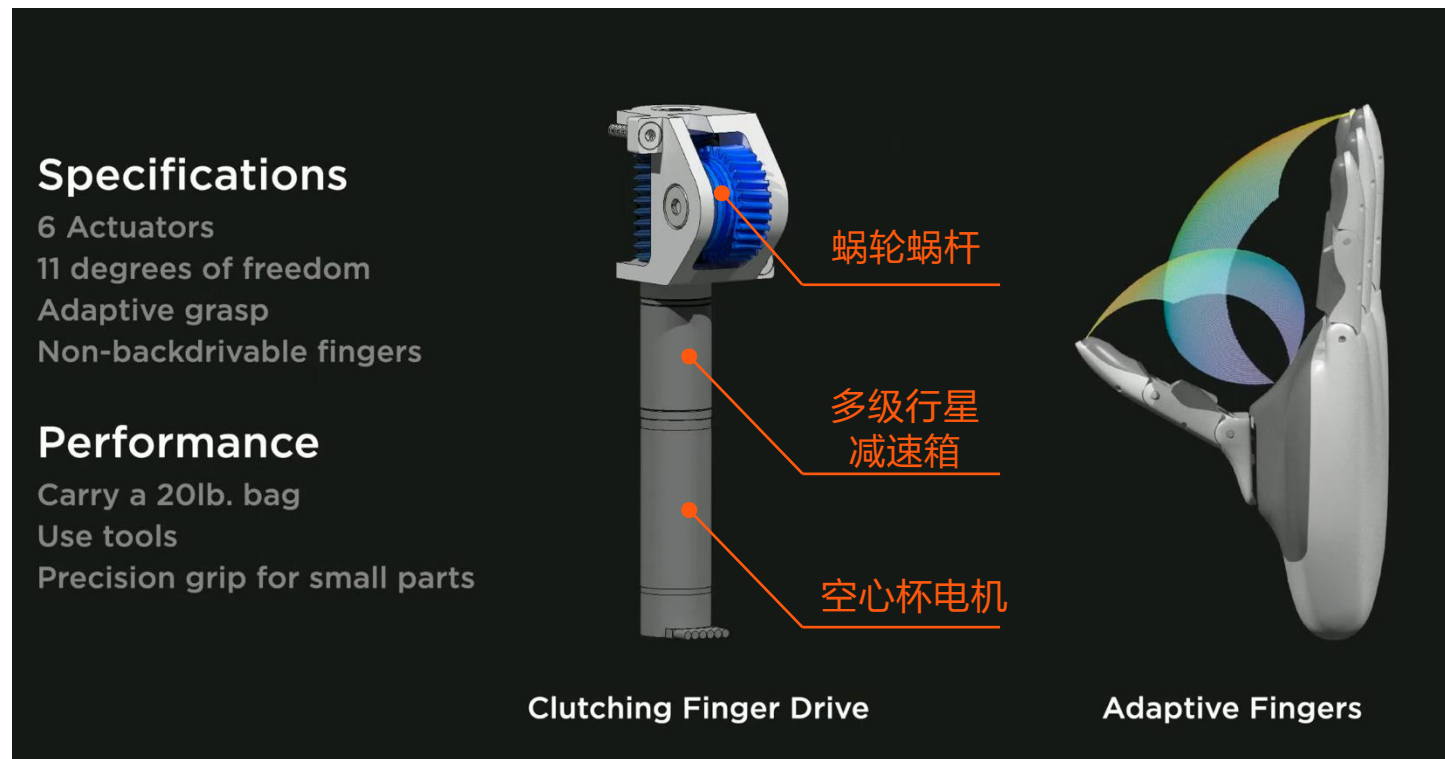
3.3.2、6执行器11自由度模仿人类灵巧手

- 特斯拉人形机器人每只灵巧手具备11个自由度，使用6个执行器，可负重20磅（9.07kg）。我们推测其机械构造上采用：空心杯电机+行星减速箱+蜗轮蜗杆+线传动的方案。在空心杯行星减速电机（包含空心杯电机和多级行星减速器）之后布置了一级蜗轮蜗杆，该机构可实现空心杯电机旋转方向的转换以连接线传动，又可利用蜗轮蜗杆的自锁特性在不需要电机驱动的情况下，保持抓握能力，从而提升灵巧手的负载能力，降低能耗。

图：Tesla Bot 仿生灵巧手



图：Tesla Bot 仿生灵巧手指设计（推测）



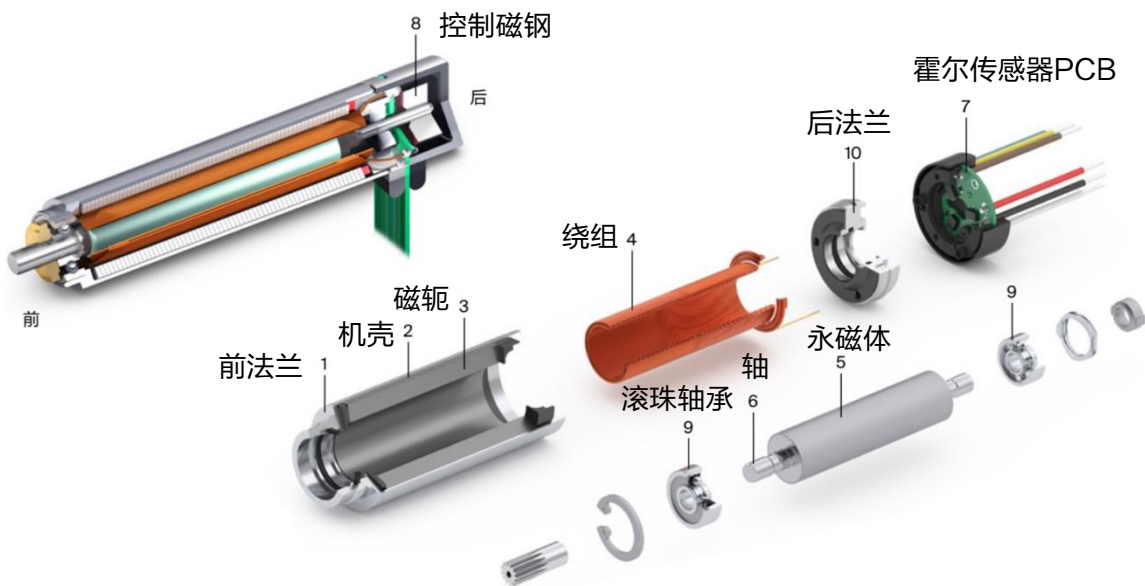
3.3.2、结构小巧力量大，空心杯电机大展身“手”

- 空心杯电机结构紧凑，功率密度高，用于手部具有突出优势。空心杯电机属于永磁直流伺服电机，其结构特点在于电枢铁心上没有齿和槽，与等同条件下的齿槽电机相比具有输出功率密度大、转矩波动小、电气时间常数小、体积小重量轻、转子转动惯量小和无齿槽效应等优点，提高了电机的快速响应性能，使电机的运转特性得到了极大改善。
- 空心杯电机应用在行星减速齿轮箱上，这种组合体称为空心杯行星减速电机。空心杯减速电机广泛应用于智能家居、智能汽车、智能通讯、智能穿戴设备、智能机器人、电动工具、个人护理设备、智能医疗等行业的微型驱动系统领域。

图：两类转子示意图



图：Maxcon EC 空心杯电机



图：空心杯行星减速电机结构图



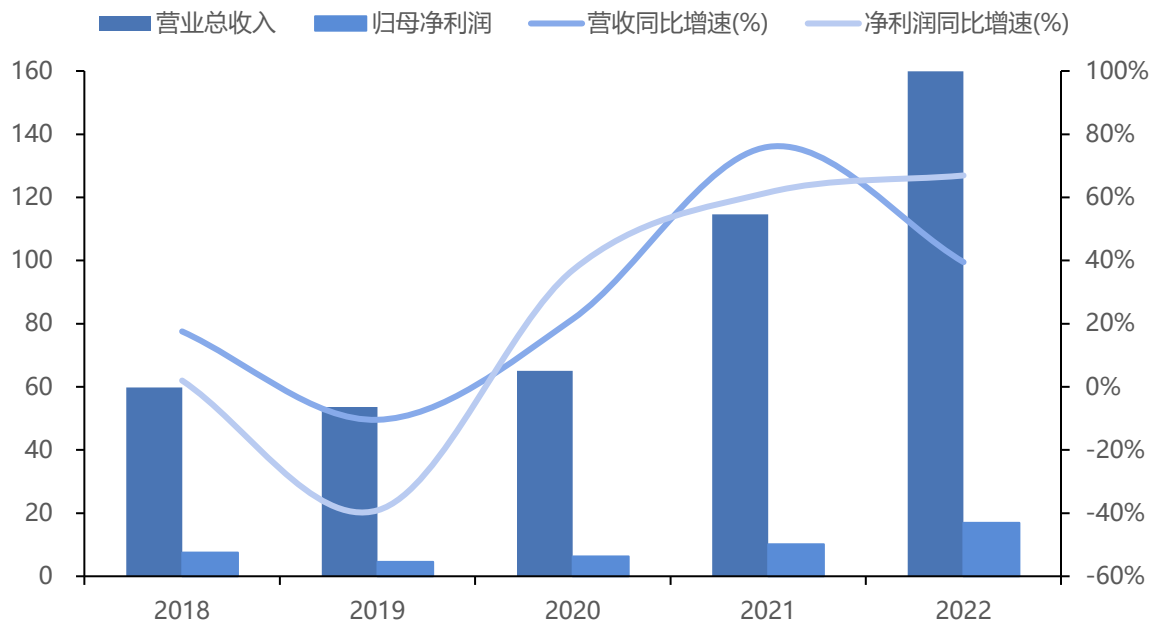
04 重点标的梳理汇总

- ◆ 4.1 拓普集团：特斯拉核心零部件供应商，已布局人形机器人执行器业务
- ◆ 4.2 三花智控：稳居制冷零部件龙头，热管理开启第二增长曲线
- ◆ 4.3 双环传动：汽车齿轮头部企业，机器人减速器开辟新成长点
- ◆ 4.4 贝斯特：具备精密加工特长，已切入机器人直线滚动功能件领域
- ◆ 4.5 汇川技术：中国工业自动化龙头企业，业务专长与机器人高度相关
- ◆ 4.6 鑫宏业：国内新能源线缆龙头，机器人线缆业务可期
- ◆ 4.7 鸣志电气：国内步进电机龙头企业，全球化优势明显
- ◆ 4.8 绿的谐波：国内谐波减速器龙头企业，具备全产业链覆盖优势

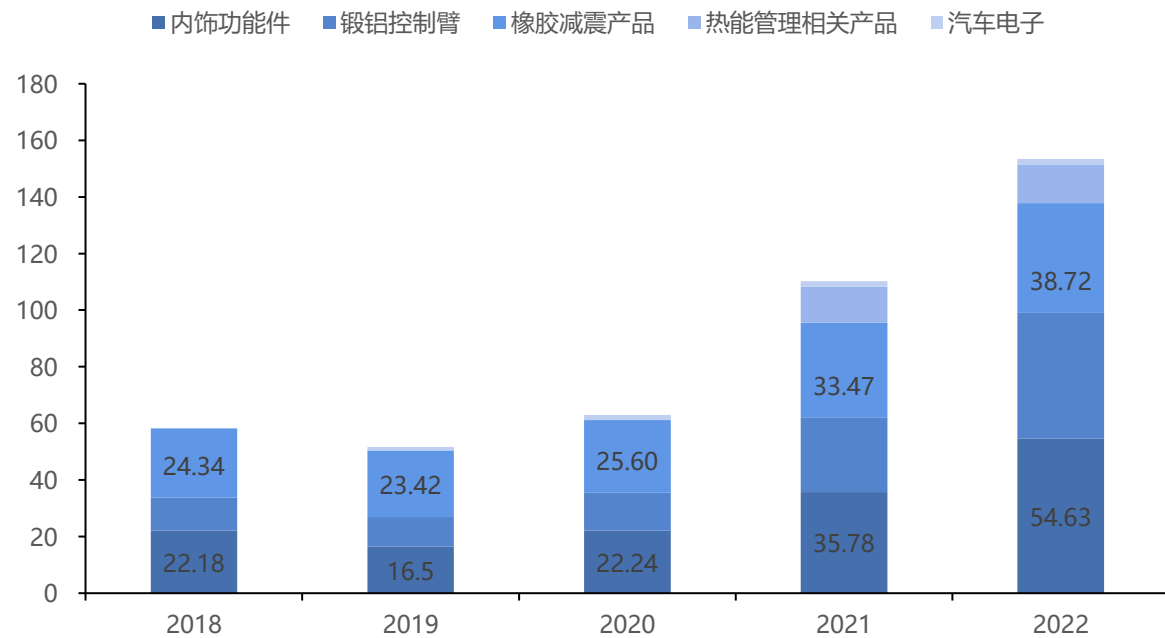
4.1、拓普集团：聚焦核心业务，业绩再攀新高

- 拓普集团主营业务为汽车零部件的研发、生产及销售，聚焦八大核心业务：汽车NVH减震系统、内外饰系统、车身轻量化、底盘系统、智能座舱部件、热管理系统、空气悬架系统、智能驾驶系统，主要客户包括国内外智能电动车企和传统OEM车企等。
- 公司前瞻布局新能源汽车赛道，具备较强研发能力且产品线丰富。公司2022年营业收入为159.93亿元，同比+39.52%；归母净利润17.00亿元，同比+67.13%。2023H1实现营收91.60亿元，同比+34.83%；实现归母净利润10.94亿元，同比+54.57%。

图：2018-2022年拓普集团营收及利润情况（亿元）



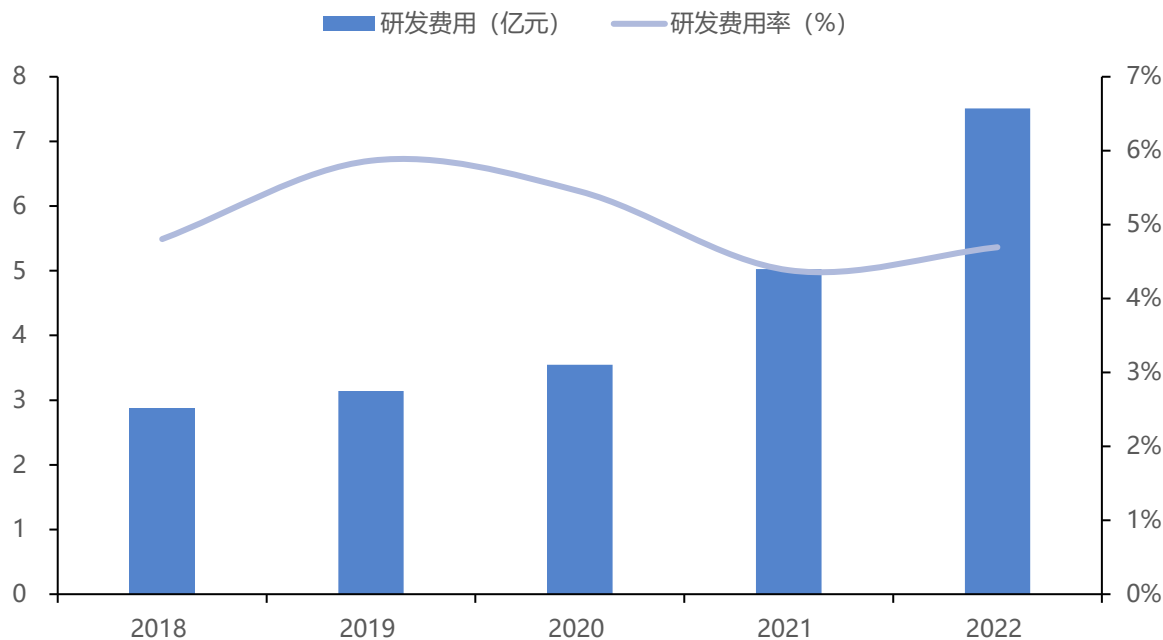
图：2018-2022年拓普集团主营业务构成（亿元）



4.1、拓普集团：科技创新驱动，机器人关节部件研发上线

- 公司产品研发能力持续提升。从产品研发到系统研发和基础研究，从机械能力到电控能力和软件能力，公司均已积累了较强的研发能力，获得众多专利和知识产权，具备产品线继续拓展的能力。
- 公司积极布局机器人产业，2022年新增机器人执行器产品线，分为线性执行器和旋转执行器，包括电机、电控及减速机构等部件。

图：2018-2022年拓普集团研发投入（亿元）及占比



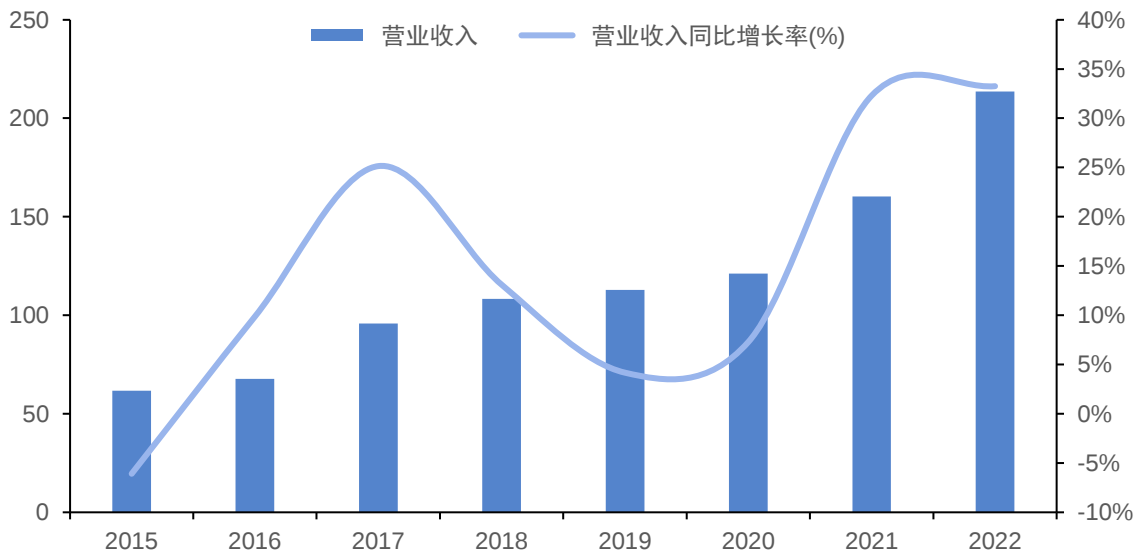
图：拓普九大产品线



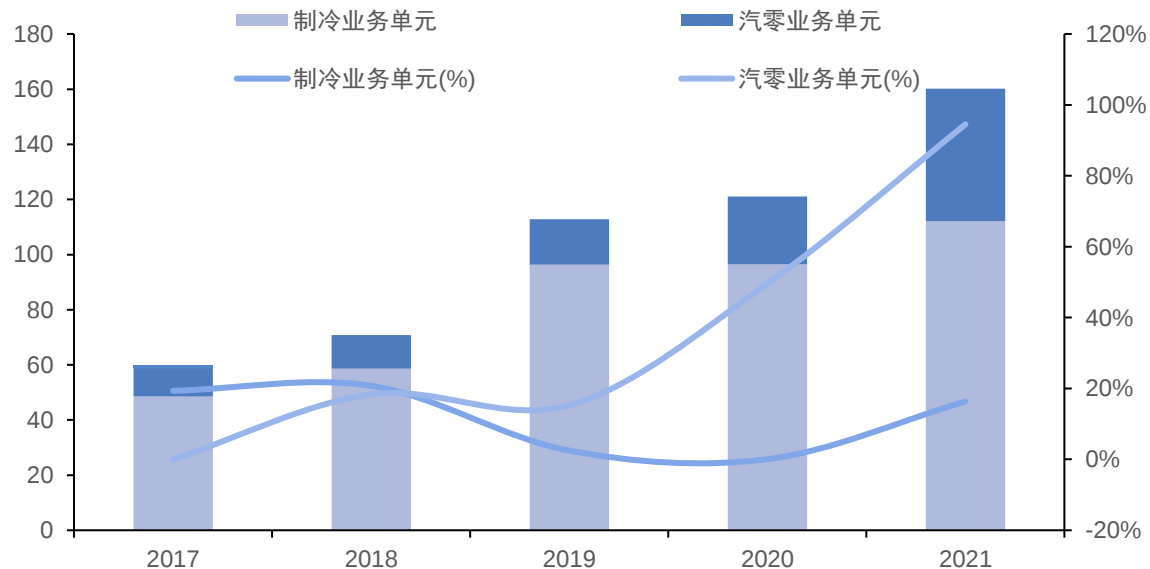
4.2、三花智控：稳居制冷零件龙头 热管理开启第二增长曲线

- 三花智控是全球最大的制冷控制元器件制造商，全球领先的汽车热管理系统控制部件制造商。公司以热泵技术和热管理系统产品的研究与应用为核心，专注于冷热转换和温度控制的环境热管理解决方案开发，主要业务包括制冷空调电器零部件业务和汽车零部件业务两大板块。2016年起，公司营收实现连续6年稳步增长。
- 三花控股集团与头部客户合作关系稳固，产品市占率高。公司主要客户均为世界或中国500强企业，如美国福特、特斯拉；欧洲大众、奔驰、奥迪；日本松下、本田；韩国LG、三星；中国比亚迪、蔚来、理想等。据三花智控2022年报，公司电子膨胀阀（超50%）、四通换向阀（超60%）、电磁阀、微通道换热器、新能源车热管理集成组件、Omega 泵等产品市场占有率全球第一，截止阀（超30%）、车用热力膨胀阀等超过20类产品全球占有率前三位。

图：公司营收（亿元）及同比



图：主营业务收入（亿元）及其同比（%）



4.2、三花智控：稳居制冷零件龙头 热管理开启第二增长曲线

- 全球化业务布局完善，属地化服务增强客户粘性。自上世纪九十年代起，公司着重开拓国际市场，在日本、韩国、新加坡、美国、墨西哥、德国等地建立了海外子公司，搭建全球营销网络。截至2023年8月，公司已在美国、波兰、墨西哥、越南、印度等地建立了超过14个海外生产基地。公司属地化服务当地客户，简化顾客沟通和采购流程，有助于增加与客户的绑定关系；全球化布局，可缩短供应链长度、提升反应速度、降低整体成本，提高业务竞争力。

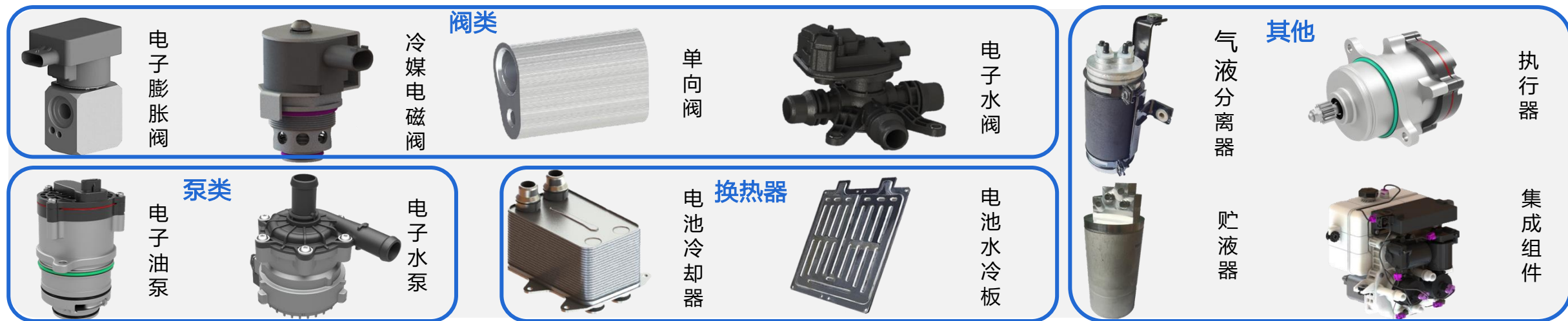
图：三花智控的全球工业园



4.2、三花智控：稳居制冷零件龙头 热管理开启第二增长曲线

- 公司热管理产品谱系齐全，具备底层核心零部件的自制能力。公司于2007年即开始新能源汽车热管理领域布局，已实现车用热管理核心三大类零部件（阀+泵+换热）全覆盖，具备底层核心部件、高壁垒阀件的自研自制能力。
- 以阀、泵、换热器为基础，由零部件切入并逐渐向组件和子系统发展，具备集成化供货能力。具备强大自研能力的车企，如特斯拉，供应链逐渐扁平化，并主导整车热管理系统的设计开发。公司是特斯拉新能源汽车热管理系统零部件供应商，合作关系稳定，有望成为其人形机器人关节驱动系统的核心供应商。2023年4月，公司与绿的谐波签署合作协议，将合资在墨西哥建厂生产谐波减速器。

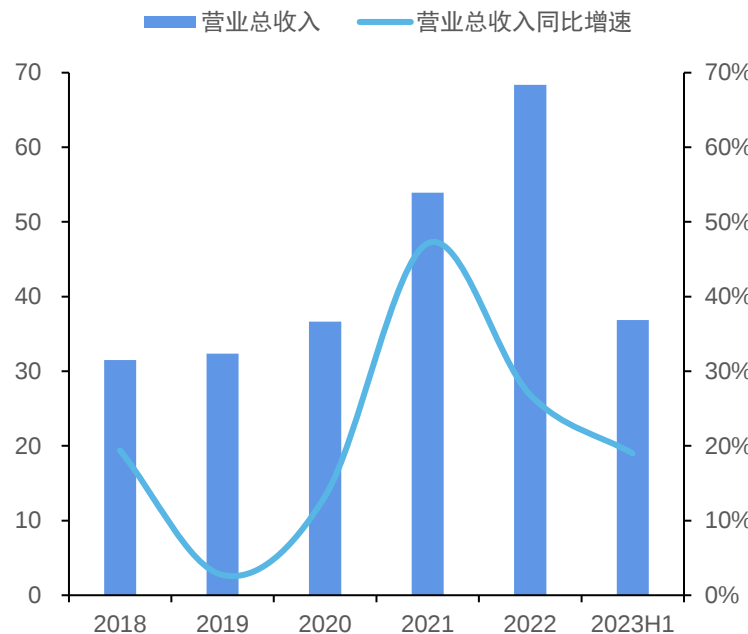
图：三花智控产品图谱



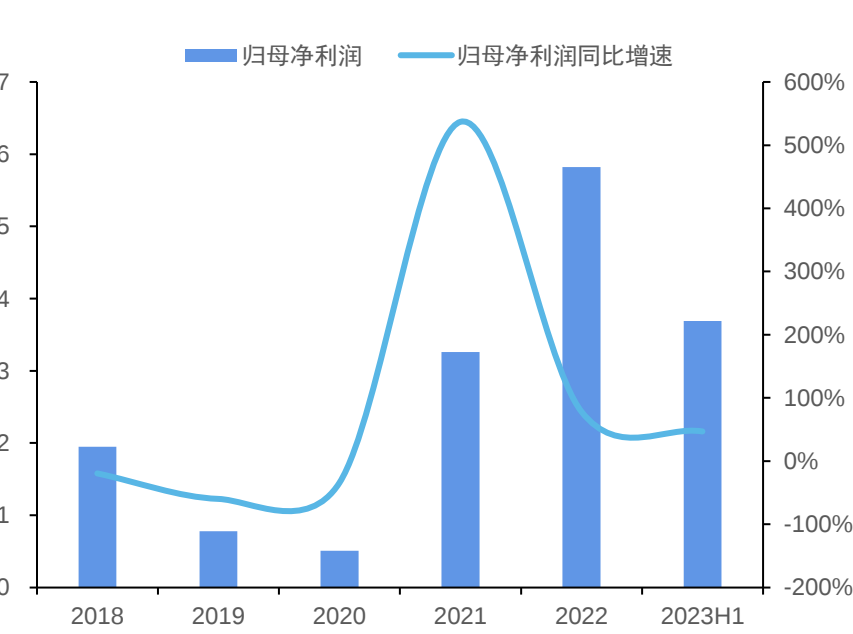
4.3、双环传动：中国头部齿轮公司，业绩向好

- 双环传动主要从事机械传动核心部件—齿轮及其组件的研发、制造与销售，公司已与国内外著名的新能源车企与电驱动厂商形成深度合作，产品覆盖传统汽车、新能源汽车、轨道交通、非道路机械、工业机器人等多个领域，业务遍布全球。据公司官网数据，世界500强客户销售占比60%以上。
- 公司业绩保持快速增长。2022年我国新能源汽车产业的发展带动公司新能源汽车齿轮业务增长，同时公司减速器逐步放量。2022年公司实现营收68.38亿元，同比增速+26.84%；实现归母净利润5.82亿元，同比+78.37%。2023Q1商用车复苏带动公司业绩继续保持良好增长。

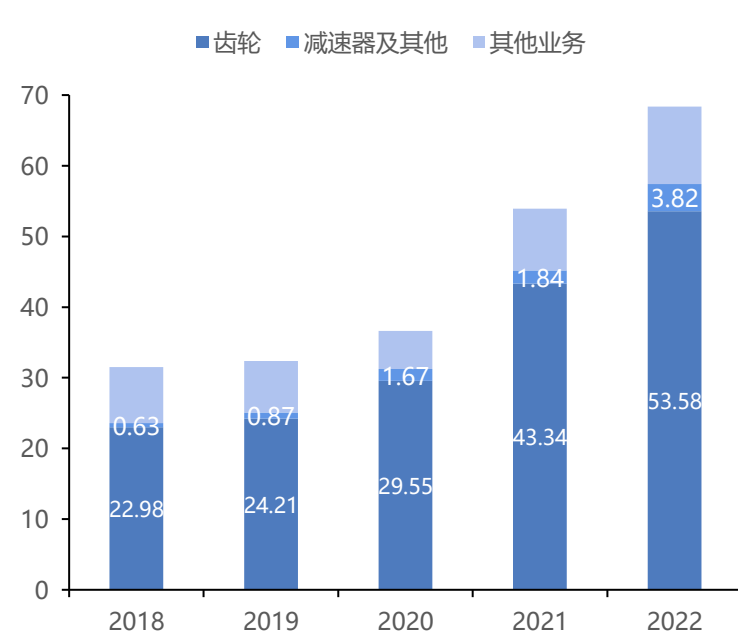
图：2018-2023H1年双环传动营业总收入（亿元）



图：2018-2023H1年双环传动归母净利润（亿元）



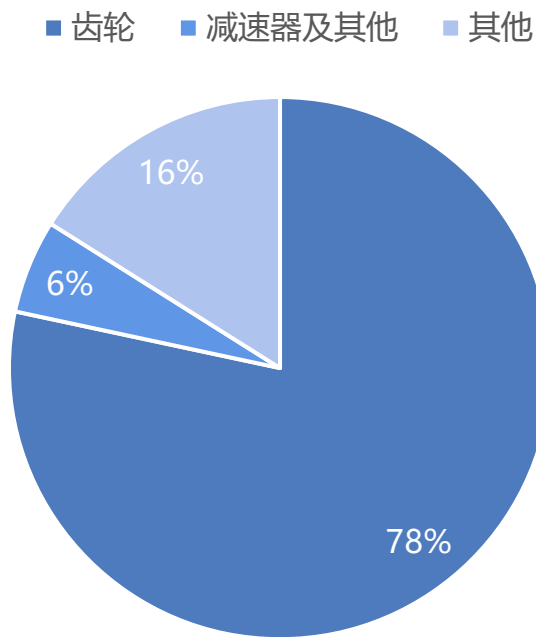
图：2018-2022年公司主营业务收入构成（亿元）



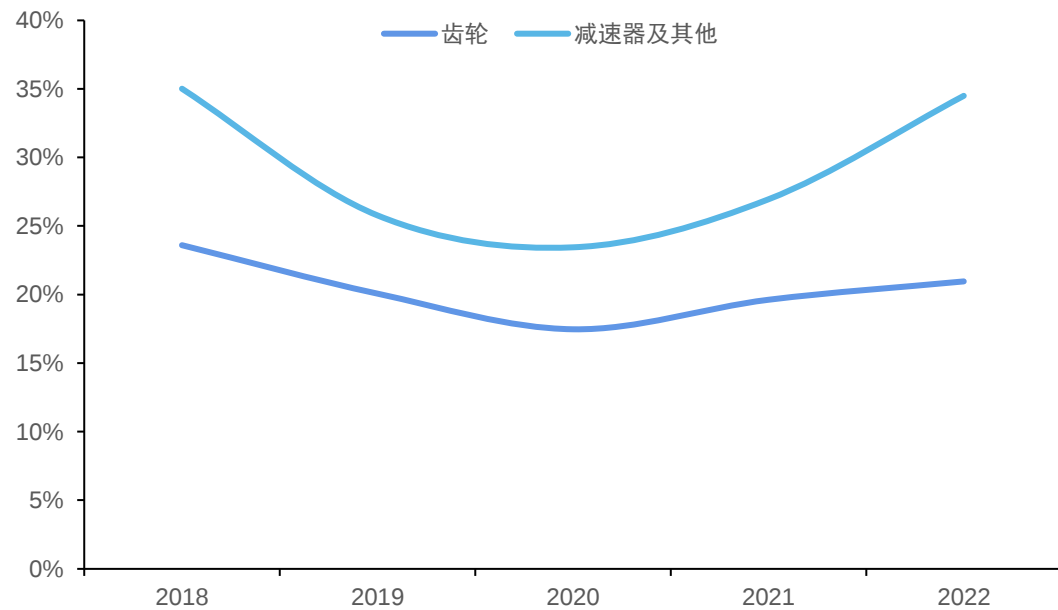
4.3、双环传动：汽车齿轮主业稳定，机器人减速器开辟新成长点

- 公司积极布局新能源汽车齿轮业务以巩固行业地位，第二赛道**机器人减速器**呈现良好发展势头。公司减速器产品主要包括**RV减速器与谐波减速器**，已实现3-1000KG工业机器人所需精密减速器的全覆盖，客户包含埃夫特、钱江机器人、广州数控等。
- 公司是中国本土RV减速机行业的龙头企业，减速机业务收入逐年增长。目前RV减速器主要用于工业机器人底座，负责**高负载承重**；人形机器人关节数量较多，对RV及谐波减速器需求大，单机RV减速器价值量有望进一步提升。

图：2022年公司营收结构（%）



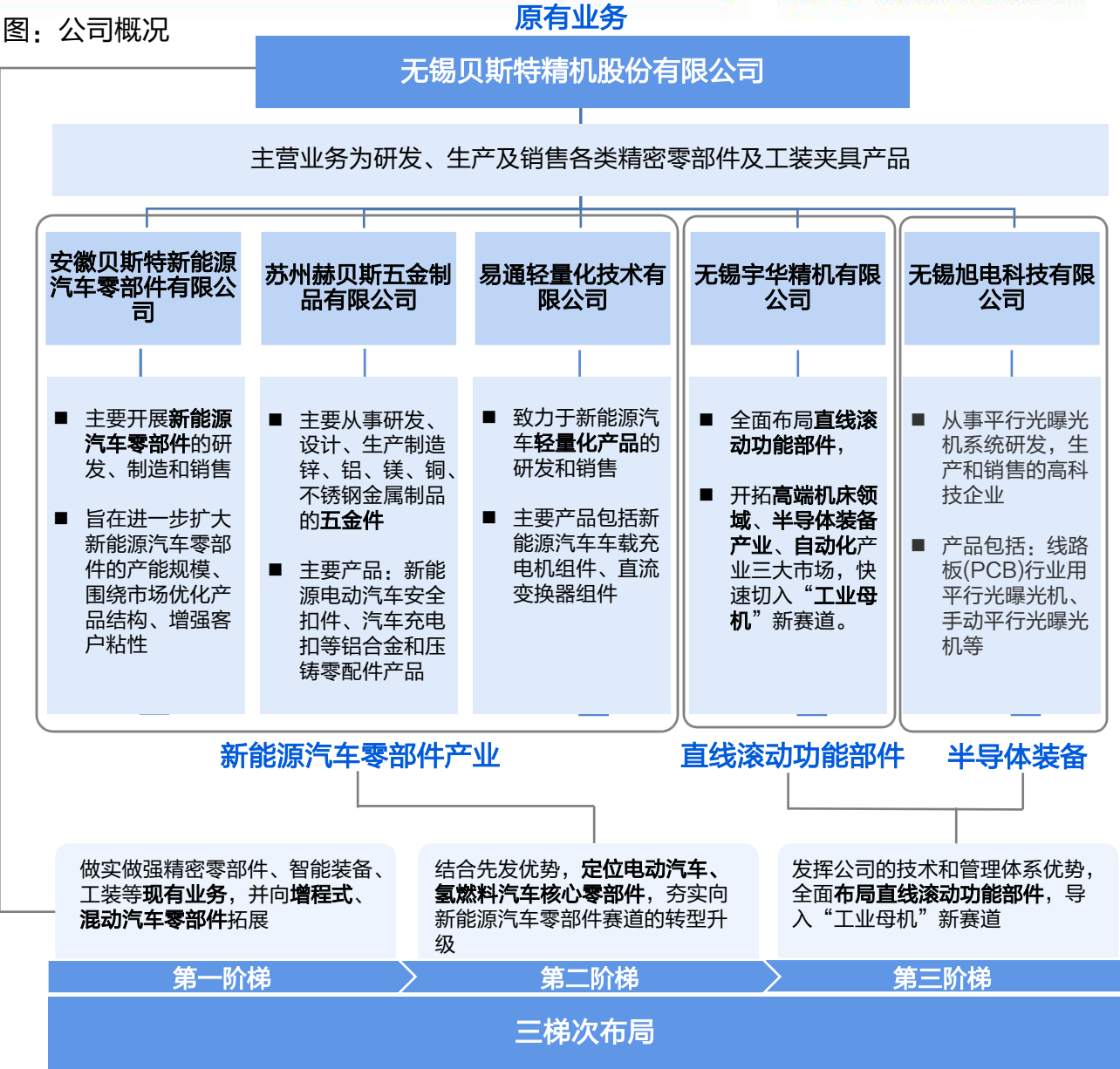
图：2018-2022年公司毛利率



4.4、贝斯特：具备精密加工特长，已切入机器人直线滚动功能件领域

- 贝斯特主营业务为研发、生产及销售各类精密零部件及工装夹具产品，主要产品为涡轮增压器精密轴件、涡轮增压器叶轮等，是涡轮增压器零部件龙头，充分发挥“精密加工为特长、铸造产业为支撑、智能装备为驱动”的产业联动发展核心竞争优势。
- 公司具有前瞻性视野，新业务较早布局，发展稳健。2019年5月公司通过控股子公司赫贝斯，成为特斯拉长期的零部件供应商；2019年底，公司产品成功进入博世氢燃料电池空压机核心零部件体系，于早期进入氢燃料电池领域；2020年1月公司设立子公司易通轻量化，向整车厂供应新能源车轻量化结构件，紧跟轻量化发展趋势；近年，公司大力布局包括滚珠丝杠在内的直线滚动功能部件，切入“工业母机”新赛道，具有前瞻性，走在行业发展前列。

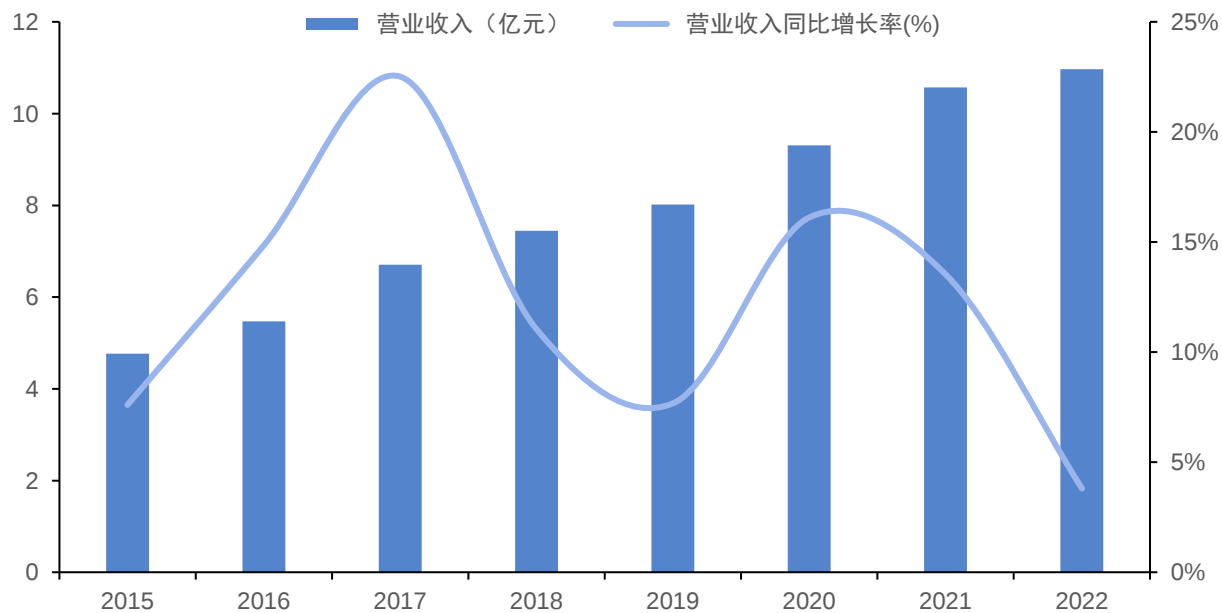
图：公司概况



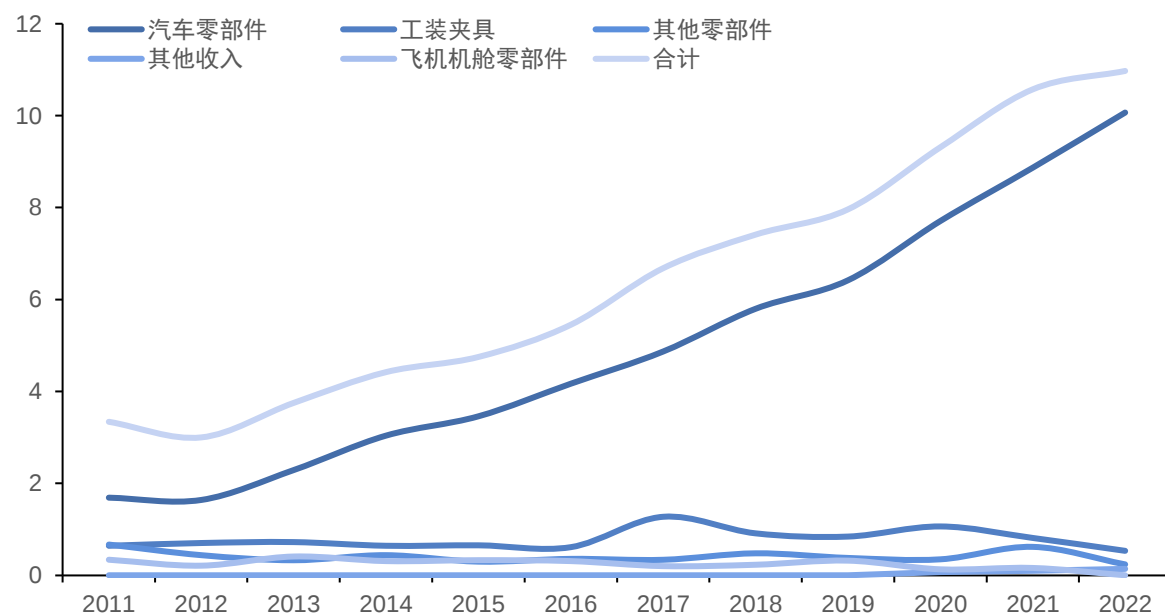
4.4、贝斯特：具备精密加工特长，已切入机器人直线滚动功能件领域

■ 公司业务布局全面，抗风险能力较强，复杂环境下实现业绩稳步增长。根据Trend Force集邦咨询统计，2022年全球汽车销量衰退0.1%。在此情况下，公司发挥业务联动发展的独特竞争优势，布局新业务、拓展新客户，落实各梯次业务布局，与多个头部企业开展长期合作，继续保持稳健发展。2022年，公司实现营业收入10.97亿元，同比+3.80%；归母净利润达2.29亿元，同比+16.35%。凭借滚柱丝杠业务基础，公司在布局包含人形机器人所需要的滚珠丝杠在内的直线滚动功能部件业务，有望凭借高质量、低价格该领域零部件供应商，市场前景广阔。

图：2015-2022年公司营收（亿元）及其同比（%）



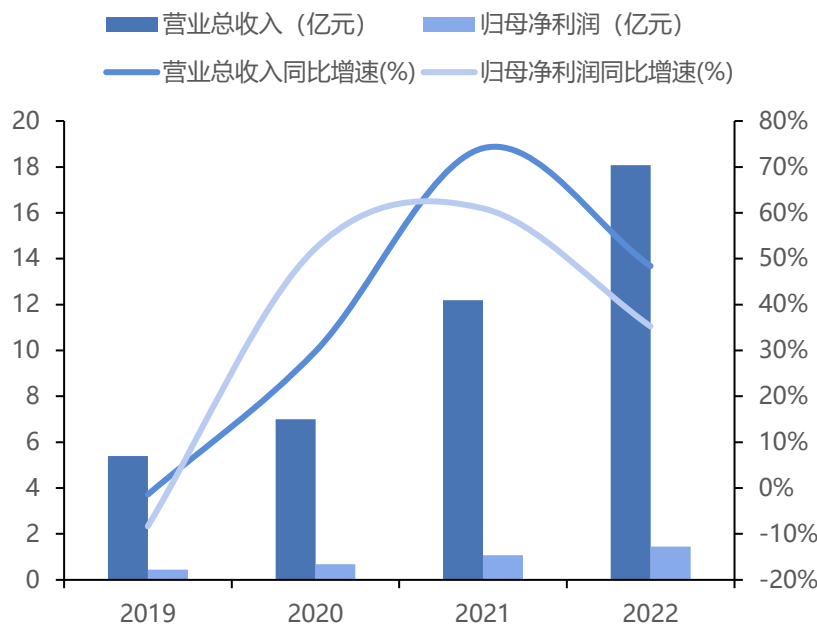
图：公司各主营业务收入变化（亿元）



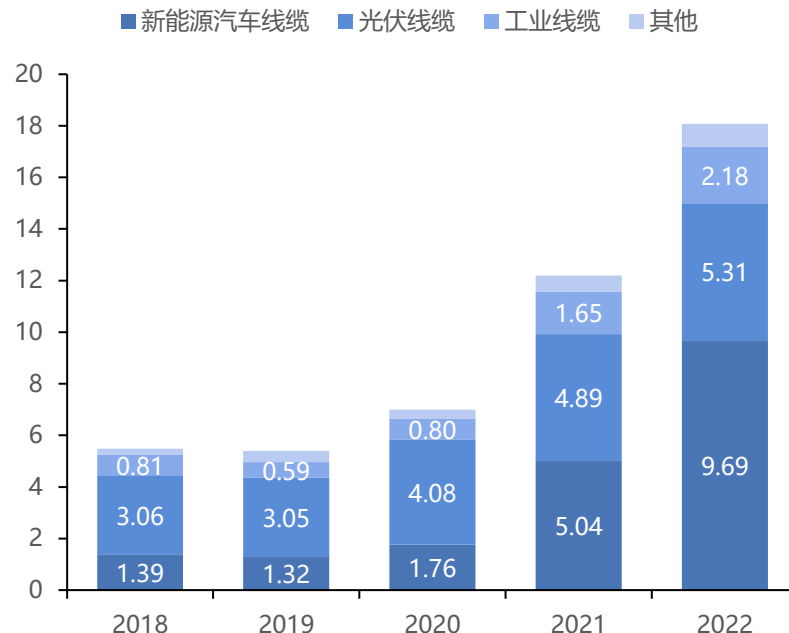
4.5、鑫宏业：国内新能源线缆龙头，核心竞争力突出

- 公司是新能源特种线缆行业领先企业，主营新能源汽车线缆、光伏线缆、工业线缆等特种线缆的研发、生产及销售。公司拥有广阔的市场发展前景，产品在全球范围内被广泛应用于新能源（光伏、汽车）、工业机器人、配电系统、电器线束、变压器、电机、传感器、热保护器等各类工业、民用领域。
- 受益于国家政策支持、自身研发能力提升，公司营收和业绩快速增长，新能源汽车线缆增势最为显著。2020年以来，随着公司下游应用向好，以及公司与比亚迪、晶科光伏等重要客户合作进一步加强，公司业绩呈现良好的增长趋势。2022年营收同比+48.39%，归母净利润同比+35.22%，其中，新能源汽车线缆业务营收同比+92.18%。

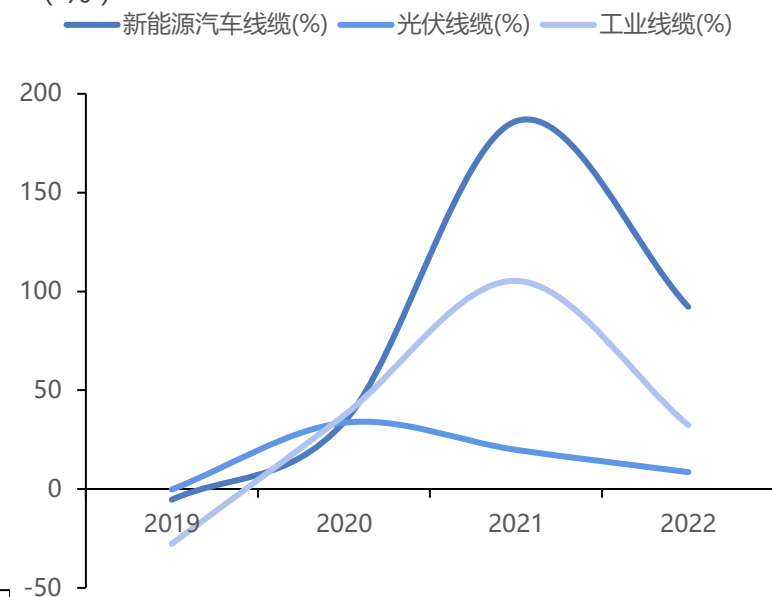
图：2019-2022年公司总营收（亿元）及归母净利润（%）



图：2018-2022年鑫宏业分产品营收构成（亿元）



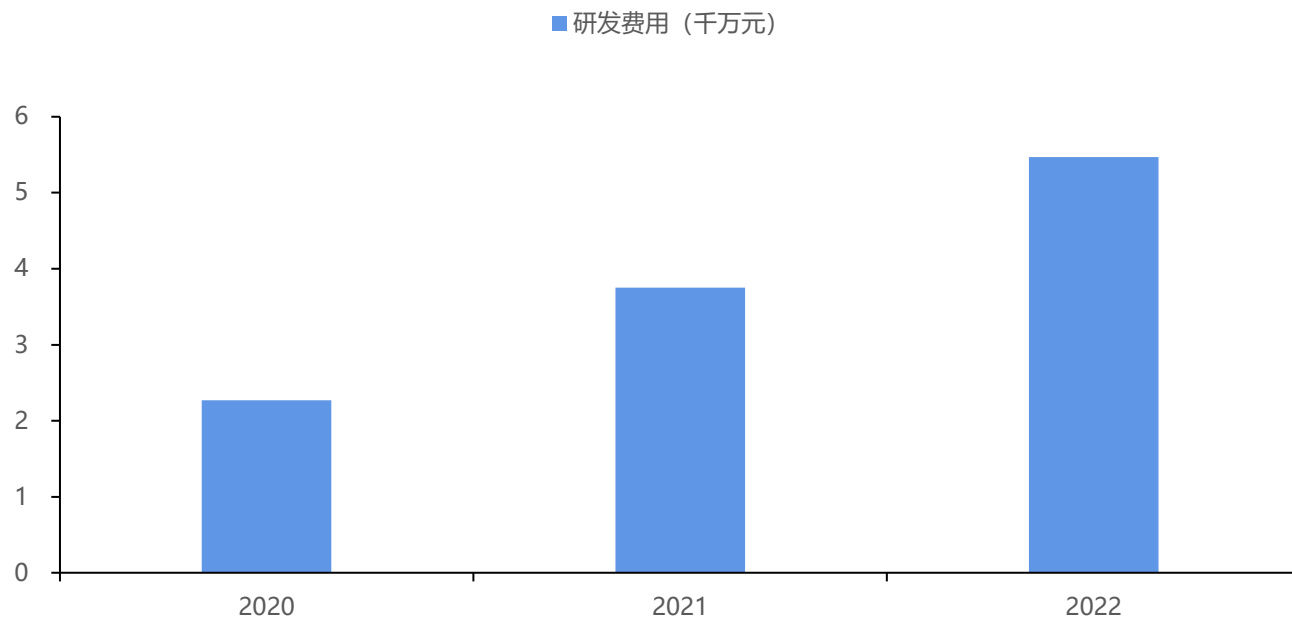
图：2019-2022年鑫宏业三大业务同比增长率（%）



4.5、鑫宏业：机器人线缆未来可期

■ 公司研发工业机器人线缆近10年，产品类型丰富，截至2023年公司机器人线缆共7个类别、51个型号，应用场景包括但不限于：机器人编码器和传感器的信号传输、机器人手臂的伺服电机线、动力传输线。多年的研发投入和技术积累为拓展其他类型机器人线缆业务打下坚实基础。目前在机器人领域拥有三项专利：机器人手臂扭转电缆、工业机器人示教器用耐弯扭电缆、工业机器人伺服电机用动力电缆。

图：2020-2022年鑫宏业研发费用逐年增长



资料来源：同花顺，鑫宏业招股说明书，鑫宏业

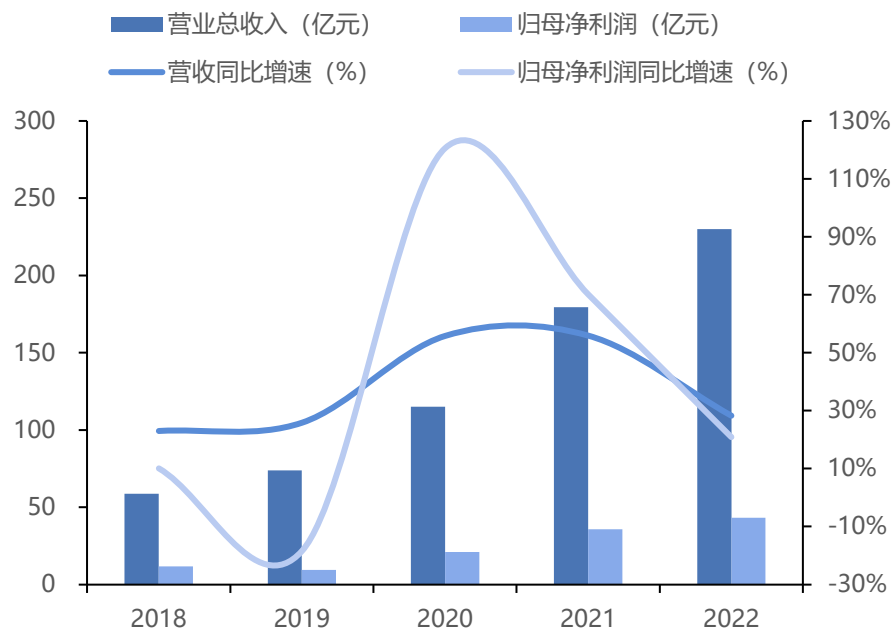
图：鑫宏业机器人电缆种类



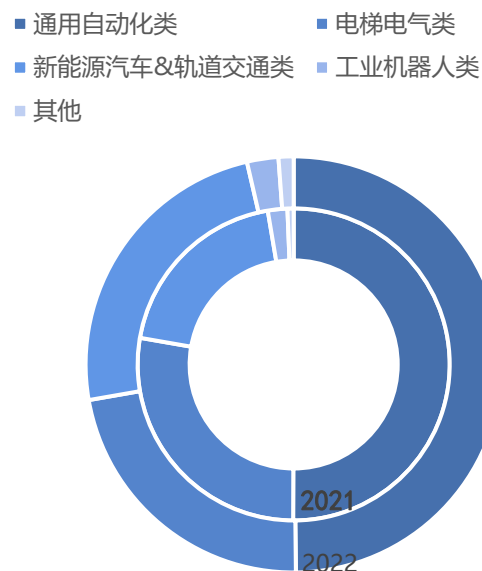
4.6、汇川技术：中国工业自动化龙头企业

- 汇川技术于2003年成立，主要为工厂自动化提供变频器、伺服系统、PLC/HMI、高性能电机、传感器、机器视觉等工业自动化核心部件及工业机器人产品，为新能源汽车行业提供电驱&电源系统，为轨道交通行业提供牵引与控制系统。2022年国内经济不景气，公司适当调整经营策略，加大降本控费力度，保持了业绩增长。2022公司实现营收230.08亿元，同比+28.23%；实现归母净利润43.20亿元，同比+20.89%。
- 公司业务主要分为五大板块：通用自动化、智慧电梯、新能源汽车、工业机器人、轨道交通。通用自动化业务是公司核心业务，收入占比约50%；工业机器人业务增速显著，2022年同比+54.96%。

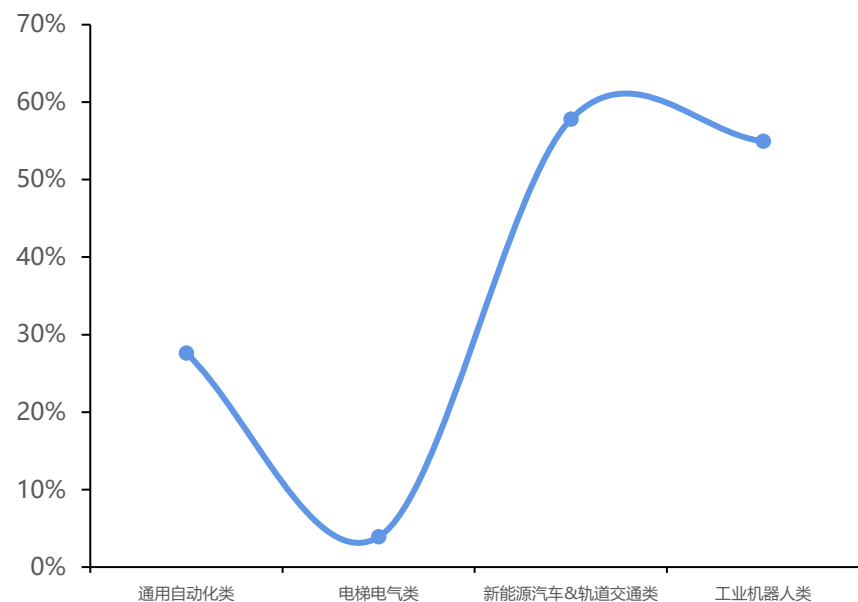
图：2018-2022年汇川技术营收（亿元）及归母净利润



图：2021-2022年汇川技术主营构成



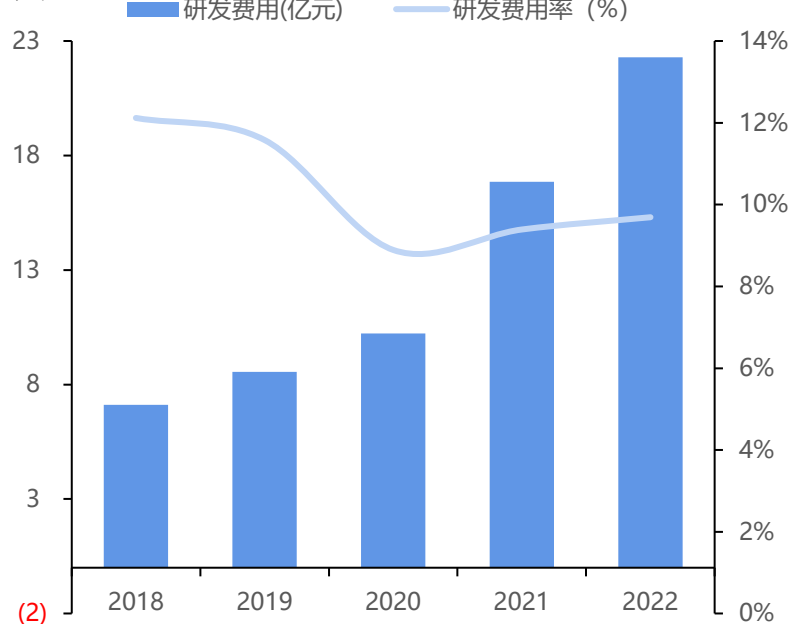
图：2022年汇川技术各业务同比增速



4.6、汇川技术：多层次核心技术助力公司创新发展

- 公司通用自动化业务的核心技术涵盖信息层、控制层、驱动层、执行层、传感层，掌握的核心技术包括：①驱动层的高性能矢量控制技术、高性能伺服控制技术、大功率IGCT驱动技术等；②控制层的CNC控制技术、机器人控制技术、高速总线技术、机器视觉技术等；③执行层的高性能伺服电机技术、高效电机技术、高精度编码器设计技术、精密传动机械设计等；④信息层的工业互联网、边缘计算、工业AI等技术。
- 2022年，公司研发投入22.29亿元，研发费用率为9.69%。公司通过持续的高比例研发投入，进一步提升了电机与驱动控制、工业控制软件、新能源汽车电驱总成、工业机器人等的技术水平。

图：汇川技术2018-2022年研发投入



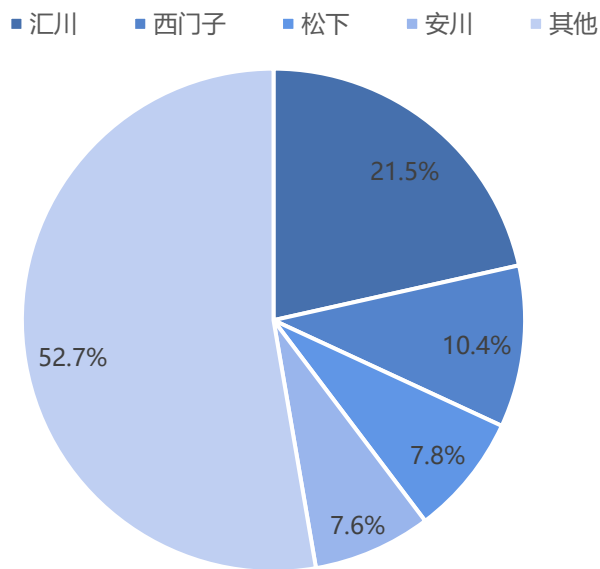
图：汇川技术各大业务产品与下游行业

业务板块	产品类别	主营产品系列	下游行业
通用自动化	控制层	PLC、HMI、CNC、工业视觉、运动控制卡	3C制造、锂电、硅晶、空压机、纺织、机床、注塑机、起重、风电、金属制品、电线电缆、机械手等
	驱动层	低压变频器、中高压变频器、通用伺服系统、专用伺服系统	
	执行层	电机、气动产品	
	传感层	传感器产品	
智慧电梯	电梯电气系统	电梯一体化/变频器、人机界面、线束线缆等	电梯
新能源汽车	电驱&电源系统	电机控制器、高性能电机、五合一控制器、电驱总成、DC/DC、OBC、电源总成等	新能源汽车
工业机器人	工业机器人&机械传动	SCARA机器人、六关节机器人、机器人控制系统、滚珠丝杠	3C制造、锂电、硅晶、半导体
轨道交通	牵引系统	牵引变流器、辅助变流器、高压箱、牵引电机	轨道交通

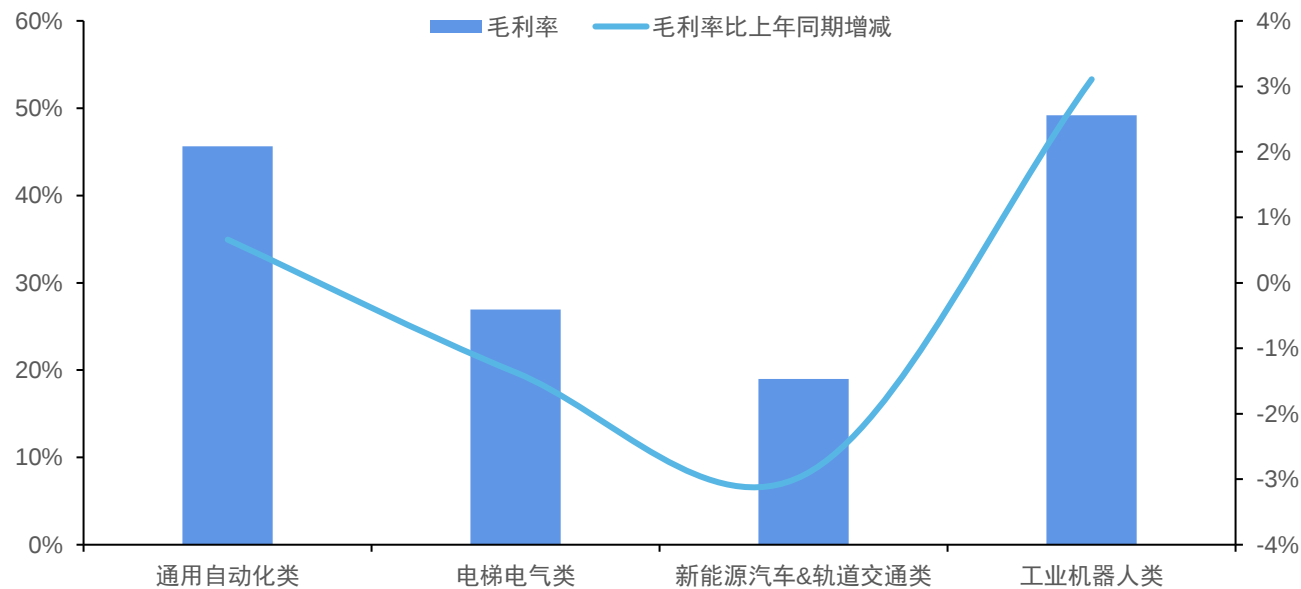
4.6、汇川技术：工业机器人业务市场占有率有望稳步提升

- 公司除减速器外，工业机器人的核心部件如控制系统、伺服系统、精密丝杠、视觉系统等均已实现自制，具有较好的成本控制和定制化能力。受益于各项自主研发技术，2022年公司工业机器人业务毛利率49.2%。2022年，公司通用伺服系统在中国市场份额约21.5%，位居第一。
- 公司主要为下游行业客户提供SCARA机器人、六关节机器人、视觉系统、高精密丝杠、控制系统等整机及零部件解决方案。根据睿工业统计数据，2022年，公司工业机器人在中国市场的份额为5.2%，排名第七；其中，SCARA机器人在中国市场的份额为17%，排名第二，且为内资品牌第一名。随着劳动力成本的提升及机器换人的发展趋势，公司工业机器人业务将迎来良好发展机会。

图：2022年国内通用伺服市占率



图：2022年汇川技术分产品毛利率及同比增速



4.7、鸣志电气：国内步进电机龙头，业务领域与机器人密切相关

- 鸣志电气是我国步进电机龙头企业，产品具备全球竞争力。据公司2022年报，公司步进电机行业的市场份额达到10%以上，稳居全球前三，是进入混合式步进电机全球前十的唯一内资企业，成功打破日本对电机行业的垄断。公司坚定地以全球各行业头部客户的技术需求为导向，产品拥有性能高、品类全、定制化、成本低的优势，坚持为客户提供定制服务，向系统级运动控制解决方案提供商的目标迈进。
- 公司全球化布局，官网数据显示公司在国内设立了11家办事处，并在海外多国设立公司，业务已覆盖北美、欧洲、东亚及东南亚的主要国家和地区。公司通过对三家海外优质运控企业的收购切入了价值量更高的空心杯电机市场，并积累了重要的海外客户资源，如特斯拉、谷歌等，境内外盈利水平均衡发展，具有较强抗风险性。

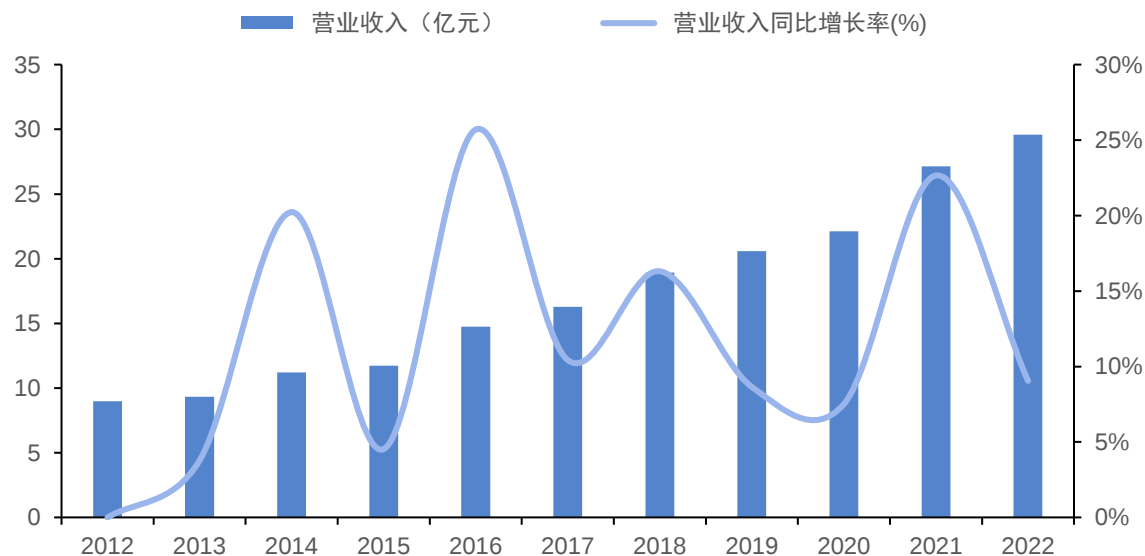
图：公司全球分布地点及关键收购节点



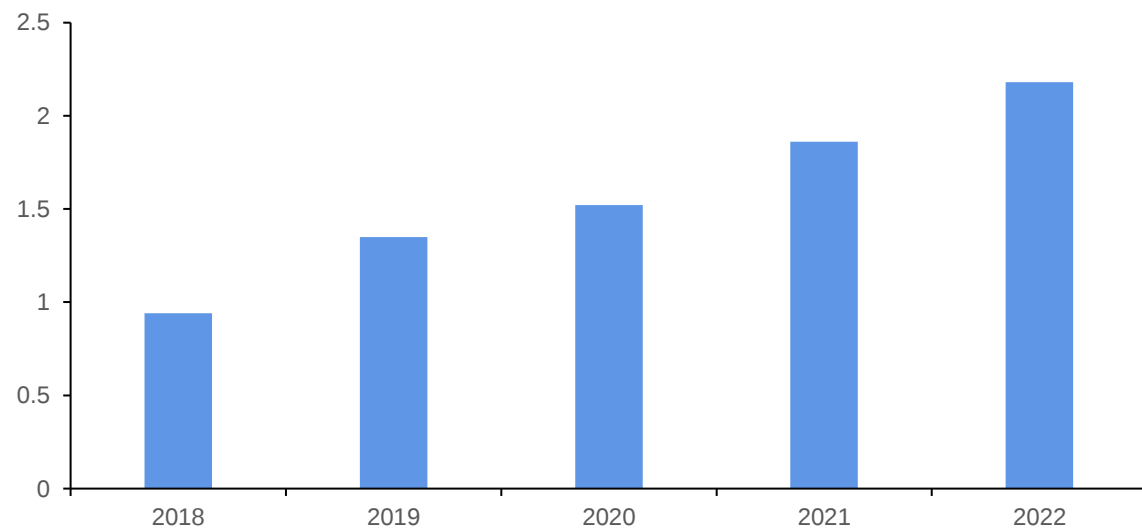
4.7、鸣志电气：全球化优势明显，研发能力突出

- **公司营业收入稳步增长。**公司主营业务分为控制电机及其驱动系统类、电源与照明系统控制类、设备状态管理系统类、贸易类。其中，控制电机及其驱动系统类业务掌握有尖端技术，核心产品主要包括步进电机、无刷电机、伺服电机、空心杯电机及前述电机的驱动控制系统等，占2022年总营收78.43%，是公司营收增长的主要驱动力。
- **公司多重优势加持有望成为人形机器人零部件重要供货商之一：**
 - ✓ 重视研发，持续扩大研发投入，技术人员占比接近27%，拥有较强研发竞争力；
 - ✓ 全球化布局，可以减少为不同国家人形机器人厂家供货的运费、时间成本；
 - ✓ 与特斯拉有合作基础，凭借产品高性价比、高精度的优势，有望在人形机器人降本过程中切入供应。

图：2012-2022年公司营收（亿元）及其增长率



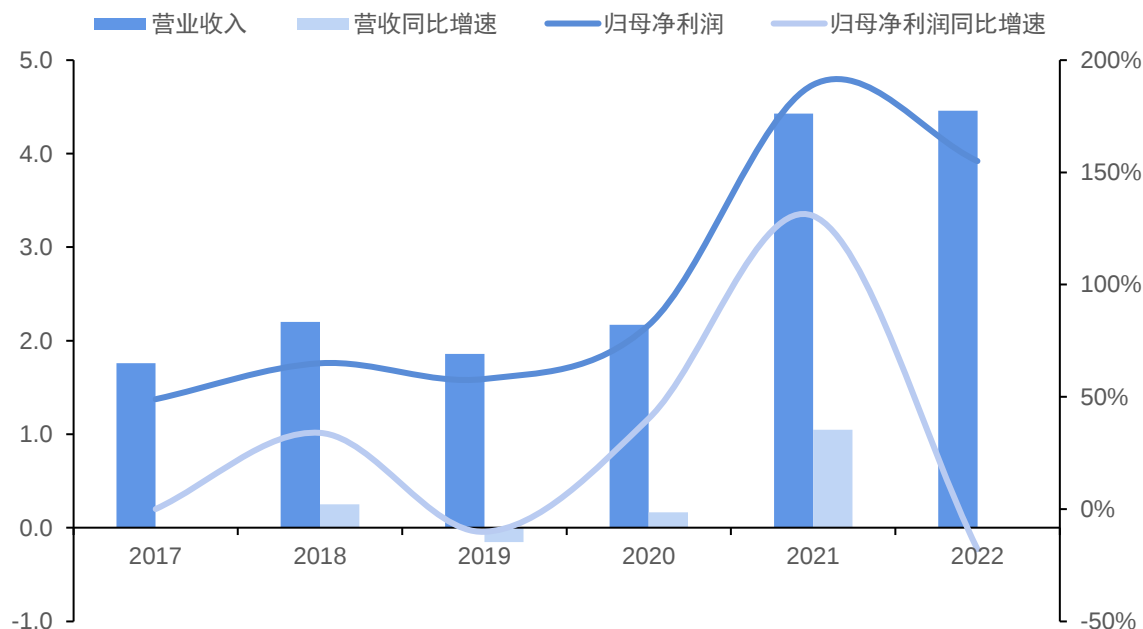
图：2018-2022年公司研发投入情况（亿元）



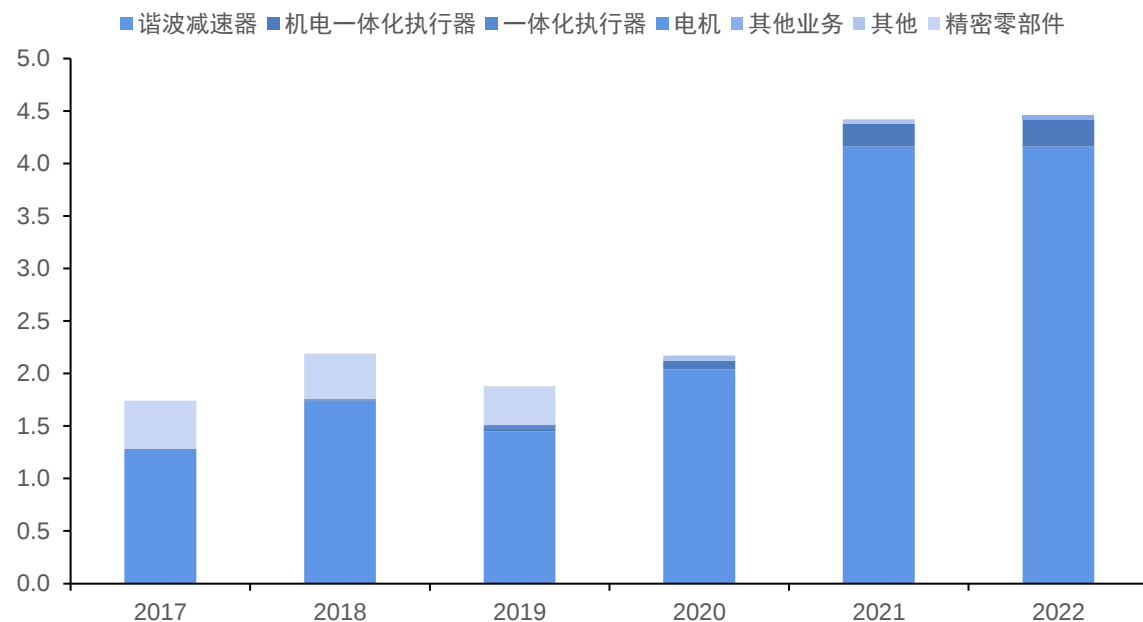
4.8、绿的谐波：产业链覆盖优势，自研能力领先

- 绿的谐波是国内谐波减速器龙头，核心团队自2003年开始从事机器人用精密谐波减速器的研究，业务聚焦谐波减速器、机电一体化产品、旋转执行器、电液伺服控制器、工业自动化服务等产品，产品广泛用于工业机器人、服务机器人、半导体生产设备、新能源装备等高端制造领域。
- 公司拥有谐波减速器全产业链覆盖优势，产品具备定制化、性价比高、上下游协同开发、服务响应速度快和订单交期短的优势。公司也是国内领先布局机电一体化结构的企业，通过研发生产伺服驱动器等机电一体化产品核心部件，进行产业链横向拓展，丰富产品结构，增强竞争力和抗风险能力。

图：绿的谐波营收及归母净利润情况（亿元）



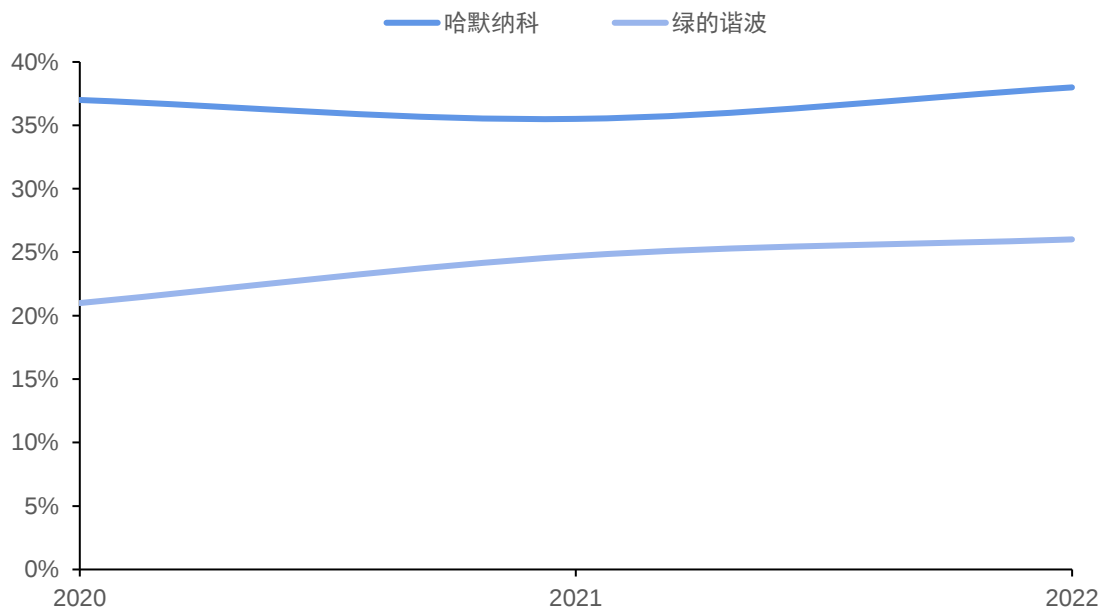
图：绿的谐波主营业务收入情况（亿元）



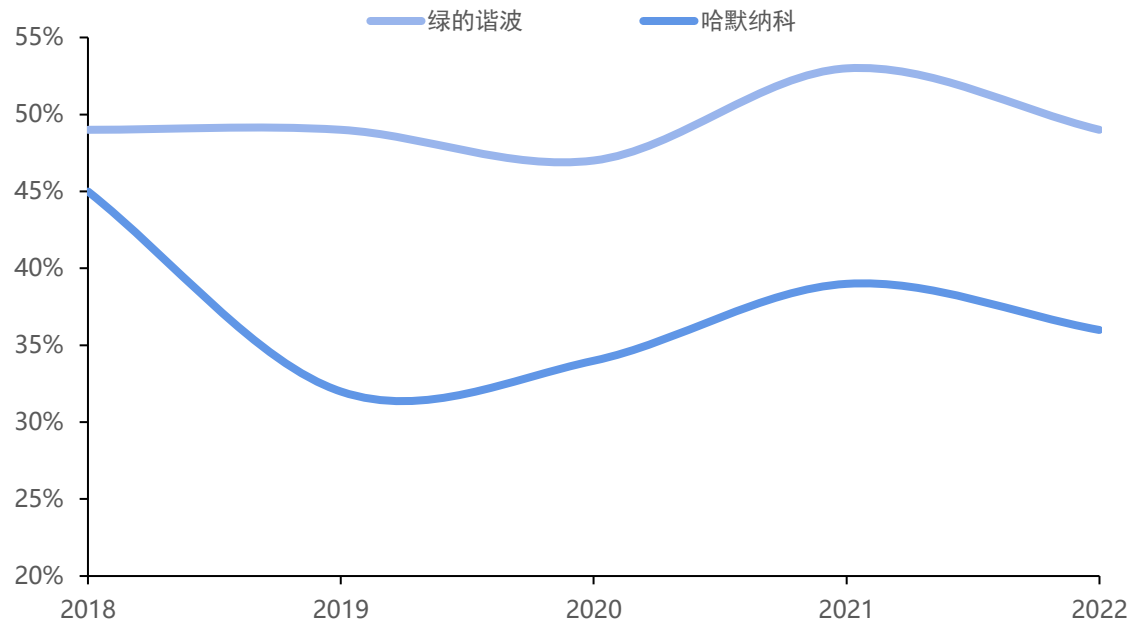
4.8、绿的谐波：产业链覆盖优势，自研能力领先

- 公司产品行业领先，市场占有率呈上升趋势。公司自研P型齿理论，比起哈默纳科研制的IH齿形，具有更强的承载能力；自研DNG柔性轴承，性能优于哈默纳科。公司成本优势明显，毛利率连续四年高于哈默纳科。公司在国内市场占有率呈上升趋势，2020-2021年，绿的谐波占有率从21%提升至24.7%，2022年进一步上升至26%。
- 公司积极布局人形机器人业务，面临广阔市场空间。中商情报网预计，2025年仅工业机器人谐波减速器市场将达到33.2亿元。面对机器人领域广阔的市场空间，公司采用纵向延展的战略路径，积极布局机电一体化，拓展机器人生态体系。此外，公司与三花智控在墨西哥成立合资子公司，有望供货特斯拉墨西哥超级工厂。

图：2020-2022年绿的谐波与哈默纳科市占率变化情况



图：绿的谐波与哈默纳科毛利率对比



05 投资建议与风险提示

- 人形机器人未来市场空间广阔，但当前硬件成本较高。我国零部件供应商有望凭借价格低、质量高、产业链全等优势，插入以特斯拉Optimus为代表的人形机器人零部件供应链，国产替代进程加速进行。
- 我们看好技术领先并在海外市场快速布局的零部件供应商，重点关注拓普集团、三花智控、双环传动、贝斯特、鑫宏业、汇川技术（机械组覆盖）、绿的谐波（机械组覆盖）、鸣志电器（电新组覆盖）。

图：重点关注公司及盈利预测

重点公司代码	股票名称	2023/09/04	EPS			PE			投资评级
		股价	2022	2023E	2024E	2022	2023E	2024E	
601689.SH	拓普集团	76.20	1.54	2.22	3.04	37.97	34.32	25.07	买入
002050.SZ	三花智控	28.53	0.72	0.85	1.06	29.61	33.56	26.92	未评级
002472.SZ	双环传动	34.50	0.68	0.97	1.21	37.18	35.57	28.51	买入
300580.SZ	贝斯特	24.98	1.14	0.79	1.01	16.27	31.62	24.73	买入
301310.SZ	鑫宏业	56.95	1.99	2.46	3.68	-	23.15	15.48	买入
300124.SZ	汇川技术	68.98	1.64	2.07	2.62	42.77	33.32	26.33	增持
688017.SH	绿的谐波	118.41	0.92	1.85	2.47	105.06	64.01	47.94	增持
603728.SH	鸣志电器	70.20	0.59	0.63	0.98	56.63	111.43	71.63	未评级

注：未评级公司盈利预测取自 一致预期

- **关键技术创新不及预期风险。**人形机器人仍需进一步突破环境感知、人机交互、运动控制等核心技术，研发进展存在不确定性，若技术迭代提升进程不及预期，将影响产品量产及商业化节奏。
- **特斯拉机器人降本进度不及预期。**目前特斯拉机器人成本较高，距预期2万美金的售价仍存在较大距离，若无法快速降本，将影响人形机器人商业化进度及渗透率。
- **特斯拉机器人量产能力不及预期。**在关键零部件产能受限或机器人装配速度受限等情况下，特斯拉机器人可能无法满足爆发式需求，进而影响短期市场规模以及相关供应商经营业绩。
- **供应链国产替代不及预期风险。**特斯拉机器人最终机械关节方案尚未确定，存在较大的创新性可能，若因技术、成本、地缘政治等因素导致国内公司未能成功进入特斯拉人形机器人的供应链，行业总体景气度可能遇冷。
- **市场竞争加剧风险。**目前以工业机器人、服务机器人等为代表的机器人产业快速发展，国内外机器人及零部件供应厂商日益增加，市场竞争将日趋激烈，存在行业整体利润下降的风险。
- **宏观经济下行风险。**人形机器人价格较高，具有大件消费品属性，宏观经济下行将导致消费者可支配收入减少，消费能力受限，进而影响人形机器人短期需求。
- **人形机器人渗透率不及预期风险。**目前应用场景不明确，未能找到痛点问题，且人形机器人价格高昂、功能较为基础，短时间内渗透率较难提升。

- **地缘政治不确定性对供应链产生影响风险。**受中美关系等地缘政治因素影响，对国内供应商插入特斯拉产业链进度造成影响，可能有供应链断裂的风险。
- **外汇市场汇率波动风险。**标的公司在海外的采购与销售业务，通常以欧元、美元等外币定价并结算。如果未来汇率出现大幅波动或者我国汇率政策发生重大变化，有可能会对标的公司的经营业绩产生一定的不利影响，从而影响公司的资产价值。
- **税收优惠政策变化的风险。**机器人关键零部件行业属于国家鼓励发展的战略性新兴产业，国家及各级政府也都给予一定的财政扶持。若国家及地方政府税收优惠政策出现不可预测的调整，将对标的公司的盈利能力和经营情况造成一定的不利影响。
- **国内外公司、国内国际市场对比研究具有局限性带来的风险。**国内外公司在运营模式、创新能力以及成本等多方面具有差异性，国内国际市场环境具有较大差异性，对比研究具有局限性，不可简单类比。

食品饮料小组介绍

薛玉虎，研究所食品饮料行业首席分析师，十五年消费品从业及研究经验，专注于行业研究，连续多年上榜新财富、金牛奖、水晶球、中国保险资产管理业最受欢迎分析师等奖项。

汽车小组介绍

王璟，研究助理，中国人民大学管理学硕士、新加坡管理大学财务分析专业硕士、吉林大学汽车设计专业学士。3年主机厂汽车设计经验，2年汽车市场研究经验。曾任职于一汽汽研负责自主品牌造型设计工作，目前主要覆盖整车及特斯拉产业链。

分析师承诺

薛玉虎，本报告中的分析师均具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格并注册为证券分析师，以勤勉的职业态度，独立，客观的出具本报告。本报告清晰准确的反映了分析师本人的研究观点。分析师本人不曾因，不因，也将不会因本报告中的具体推荐意见或观点而直接或间接收取到任何形式的补偿。

国海证券投资评级标准

行业投资评级

推荐：行业基本面向好，行业指数领先沪深300指数；
中性：行业基本面稳定，行业指数跟随沪深300指数；
回避：行业基本面向淡，行业指数落后沪深300指数。

股票投资评级

买入：相对沪深300 指数涨幅20%以上；
增持：相对沪深300 指数涨幅介于10%~20%之间；
中性：相对沪深300 指数涨幅介于-10%~10%之间；
卖出：相对沪深300 指数跌幅10%以上。

免责声明

本报告的风险等级定级为R3，仅供符合国海证券股份有限公司（简称“本公司”）投资者适当性管理要求的客户（简称“客户”）使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。客户及/或投资者应当认识到有关本报告的短信提示、电话推荐等只是研究观点的简要沟通，需以本公司的完整报告为准，本公司接受客户的后续问询。

本公司具有中国证监会许可的证券投资咨询业务资格。本报告中的信息均来源于公开资料及合法获得的相关内部外部报告资料，本公司对这些信息的准确性及完整性不作任何保证，不保证其中的信息已做最新变更，也不保证相关的建议不会发生任何变更。本报告所载的资料、意见及推测仅反映本公司于发布本报告当日的判断，本报告所指的证券或投资标的的价格、价值及投资收入可能会波动。在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。报告中的内容和意见仅供参考，在任何情况下，本报告中所表达的意见并不构成对所述证券买卖的出价和征价。本公司及其本公司员工对使用本报告及其内容所引发的任何直接或间接损失概不负责。本公司或关联机构可能会持有报告中所提到的公司所发行的证券头寸并进行交易，还可能为这些公司提供或争取提供投资银行、财务顾问或者金融产品等服务。本公司在知晓范围内依法合规地履行披露义务。

风险提示

市场有风险，投资需谨慎。投资者不应将本报告为作出投资决策的唯一参考因素，亦不应认为本报告可以取代自己的判断。在决定投资前，如有需要，投资者务必向本公司或其他专业人士咨询并谨慎决策。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见均不构成对任何人的投资建议。投资者务必注意，其据此做出的任何投资决策与本公司、本公司员工或者关联机构无关。

若本公司以外的其他机构（以下简称“该机构”）发送本报告，则由该机构独自为此发送行为负责。通过此途径获得本报告的投资者应自行联系该机构以要求获悉更详细信息。本报告不构成本公司向该机构之客户提供的投资建议。

任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。本公司、本公司员工或者关联机构亦不为该机构之客户因使用本报告或报告所载内容引起的任何损失承担任何责任。

郑重声明

本报告版权归国海证券所有。未经本公司的明确书面特别授权或协议约定，除法律规定的情况外，任何人不得对本报告的任何内容进行发布、复制、编辑、改编、转载、播放、展示或以其他方式非法使用本报告的部分或者全部内容，否则均构成对本公司版权的侵害，本公司有权依法追究其法律责任。

国海证券 · 研究所 · 汽车研究团队

心怀家国，洞悉四海



国海研究上海

上海市黄浦区绿地外滩中心C1栋
国海证券大厦

邮编：200023

电话：021-61981300

国海研究深圳

深圳市福田区竹子林四路光大银行大厦28F

邮编：518041

电话：0755-83706353

国海研究北京

北京市海淀区西直门外大街168号腾达大厦25F

邮编：100044

电话：010-88576597